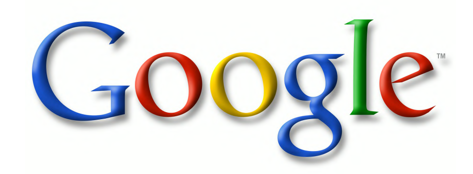
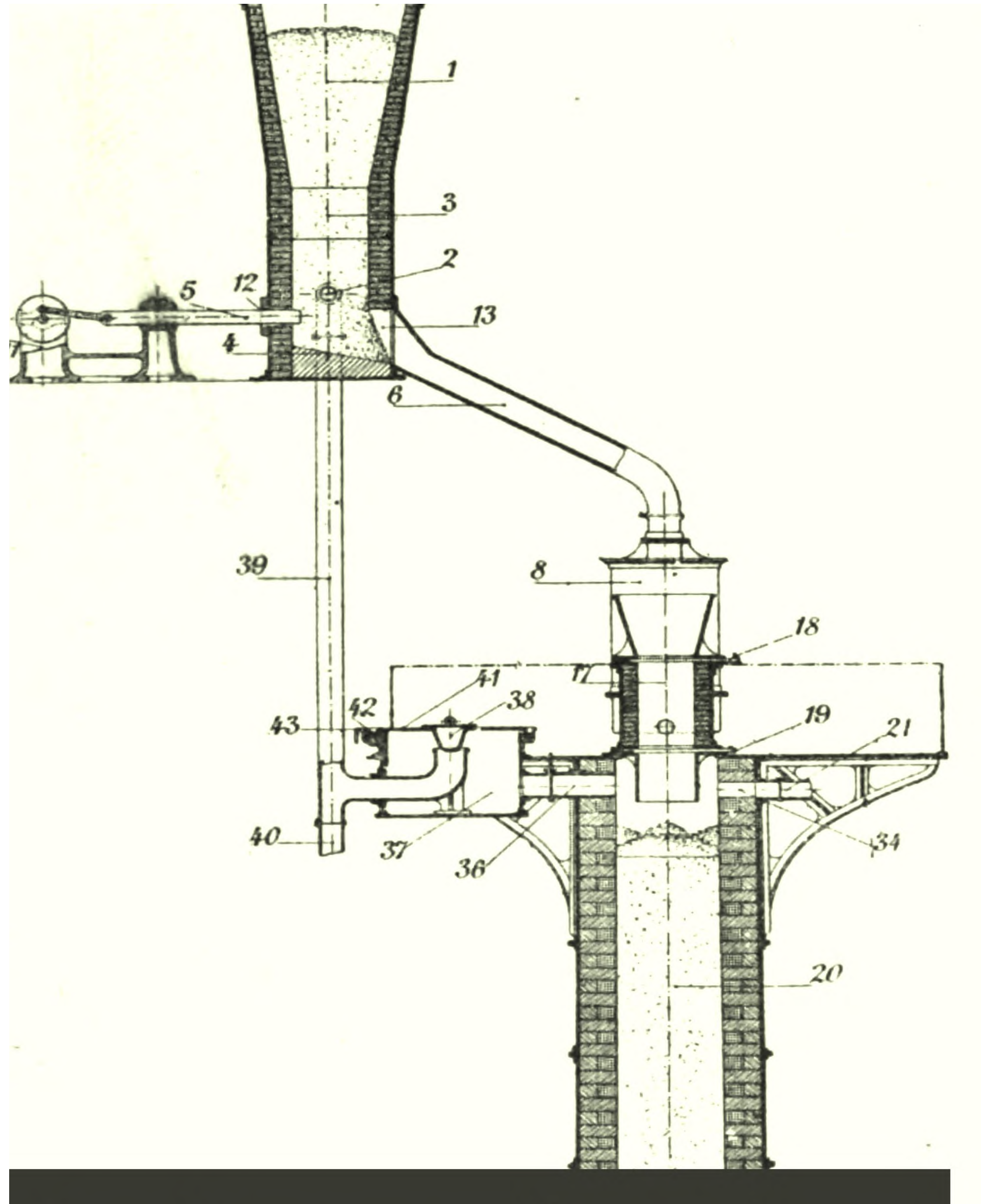


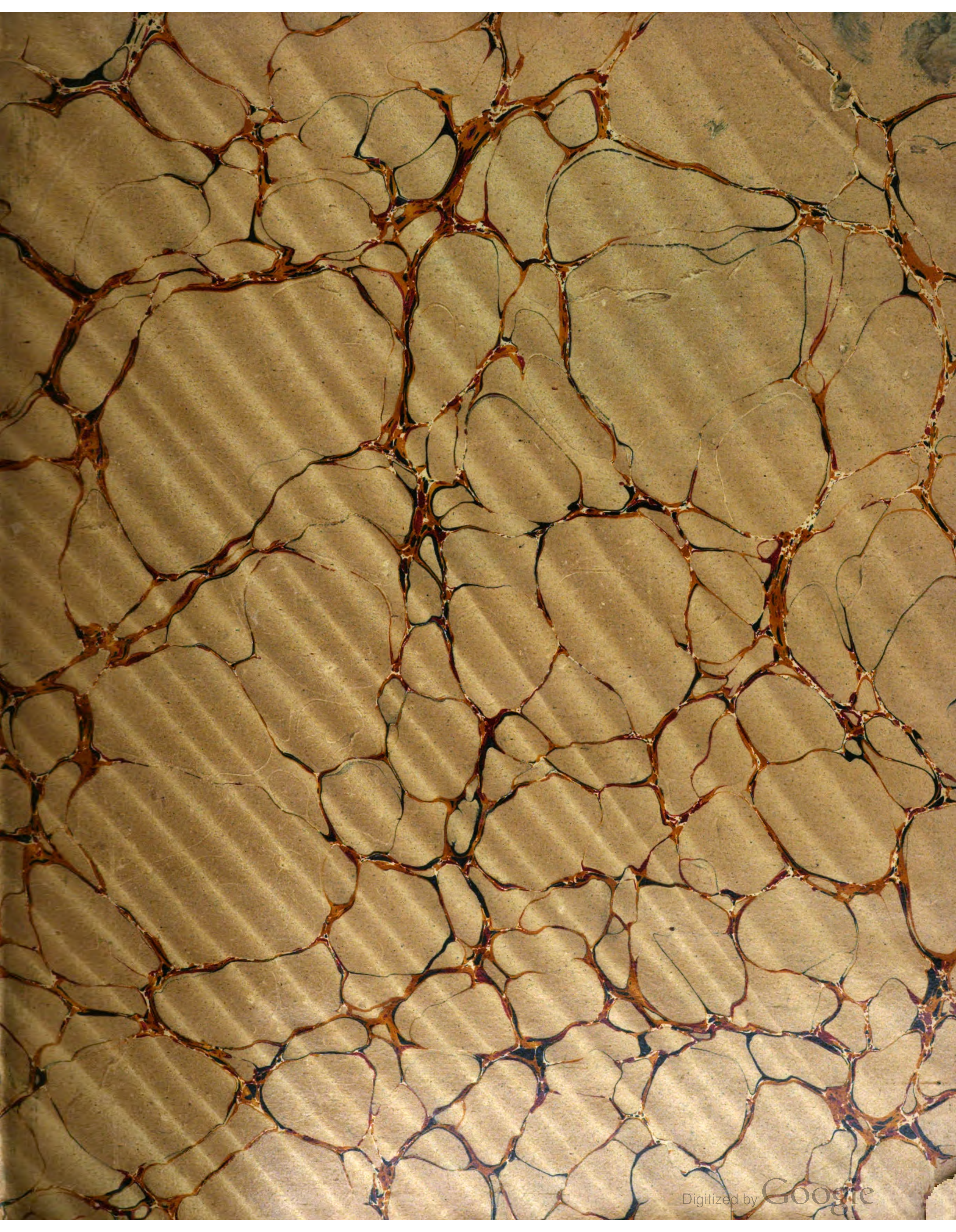


La Revue électrique

Union techniques des syndicats de l'électricité



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE
Transferred to
GENERAL LIBRARY



LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

38754 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, P. BOURGUIGNON. COURTOIS, DA COSTA,
JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,
PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME VI
Juillet-Décembre 1906.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1906

Tome VI. **N° 61. — 15 juillet 1906.**
Publié le 25 août.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION (¹).

COMMUTATRICES.

Sur l'hypercompoundage des commutatrices, par OSCARD COLARD (*Bulletin de l'Institut Montefiore*, 3e série, t. VI, mars-avril 1906, p. 116-118). — L'auteur s'est proposé de résoudre approximativement le problème suivant : Quels doivent être la tension alternative d'alimentation et le coefficient de self-induction de la bobine de réaction à insérer dans le circuit alternatif d'une commutatrice donnée, pour obtenir un hypercompoundage déterminé?

« De la force électromotrice U aux bornes continues, du courant continu utile I et des constantes de la machine, on déduit la force électromotrice continue totale E, le flux d'induction $\mathcal{N}$ par pôle, et, d'après la caractéristique d'excitation, l'excitation a' résultante nécessaire pour avoir ce flux. L'excitation réelle n'est pas a' mais a, que l'on calcule aisément d'après la composition des circuits. La différence correspond à la réaction d'induit alternative $mI'\sin\varphi$, m étant un coefficient connu dépendant de la machine. I' le courant alternatif efficace par phase, φ le retard de ce courant sur la composante E' de la force électromotrice appliquée équilibrant la force contre-électromotrice de rotation de la machine. On en déduira $I'\sin\varphi$.

» D'ailleurs, $E' = Es$, s étant un coefficient connu dépendant de la machine. Le nombre de phases étant q et le rendement de la machine η au régime considéré, on aura

$$qE'I'\cos\varphi = \frac{1}{\eta}UI,$$

d'où l'on déduit $I'\cos\varphi$. Dès lors, connaissant $I'\sin\varphi$ et $I'\cos\varphi$, on tire I' et φ.

» Enfin, en négligeant les chutes de voltage ohmiques dans le circuit alternatif, désignant par U' la force électromotrice totale secondaire du transformateur alimentant la machine, par F la fréquence et par $\mathcal{L}$ la

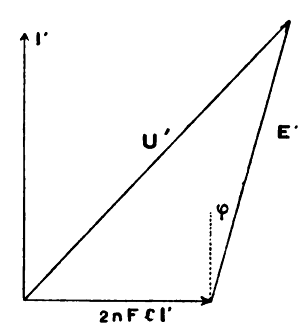
(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1er). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. MARKS and CLERK, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

somme, supposée constante, des coefficients de self-induction du transformateur, de la bobine de réaction et de l'induit de la machine, on aura, d'après la figure,

$$U'^2 = E'^2 + (2\pi F \mathcal{L} I')^2 + 2E'(2\pi F \mathcal{L} I') \sin\varphi,$$

relation qui ne contient que les deux inconnues U' et $\mathcal{L}$.



» En l'écrivant pour deux couples de valeurs U_1, I_1 et U_2, I_2 caractérisant l'hypercompoundage, on aura deux équations en U' et $\mathcal{L}$: d'où U' et $\mathcal{L}$. En retranchant de $\mathcal{L}$ les coefficients de self-induction du transformateur et de l'induit, on obtiendra celui de la bobine de réaction.

» Remarquons que si l'on se donne, outre la machine, la tension d'alimentation U' et un régime continu $U_1 I_1$, l'équation précédente, écrite pour ce régime, donnera $\mathcal{L}$ et elle permettra ensuite d'obtenir la force électromotrice U_2 correspondant à une valeur quelconque de I_2, c'est-à-dire l'hypercompoundage. »

CONDENSATEURS.

Conditions de résonance dans le cas des condensateurs imparfaits, par G. Benischke (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 26 juillet 1906, p. 693). — Théoriquement, la condition de résonance dans un circuit alternatif s'exprime par la relation $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, c'est-à-dire que l'inductance est égale à la capacitance. L'intensité du courant correspondante est $I = \frac{U}{r}$, U désignant la tension du circuit et r sa résistance ohmique. Or l'expérience donne pour I une valeur bien inférieure à celle que l'on déduit de la formule précédente, parce qu'on a établi celle-ci en raisonnant sur un condensateur parfait, c'est-à-dire sur un condensateur qui ne se laisse traverser par aucun courant de conduction, mais seulement par un courant de déplacement et qui ne dissipe aucune énergie. La plupart des condensateurs industriels sont loin de remplir ces conditions théoriques; les pertes y sont sensibles pour plusieurs raisons.

1° Le diélectrique n'a pas une résistivité infinie. On l'emploie généralement en couches minces, mais de large section, qui se laissent traverser par un courant de conduction dissipant de l'énergie par effet Joule. De plus, la résistance de l'isolant diminue quand la tension appliquée augmente ou quand sa température s'élève.

2° Par suite du phénomène de pénétration de la charge, tous les isolants, sauf les gaz, prennent un état d'équilibre permanent en courant continu, mais, en courant alternatif, à chaque changement de signe de la charge, il y a neutralisation d'une partie de l'énergie accumulée dans la demi-période précédente. On dit qu'il y a perte par hystérésis diélectrique.

3° Les armatures des condensateurs industriels n'ont pas, en général, une rigidité absolue; elles s'attirent pendant la charge pour se détendre à la décharge; le mouvement vibratoire qui en résulte, et qui se traduit par un ronflement ou un chantonnement, absorbe de l'énergie mécanique empruntée à la ligne.

Une théorie complète devra donc tenir compte de ces différentes pertes, en les supposant, par exemple, localisées dans une résistance $\rho\delta_0$ en dérivation sur les deux armatures. Ces pertes se retrouvent d'ailleurs sous une forme ou une autre, même dans les isolants dits *parfaits*, comme l'air, l'huile pure, la paraffine, le mica, etc.; ainsi, avec les gaz et les liquides, il y a l'effluve, l'aigrette et l'étincelle suivant la tension; avec les solides, des étincelles éclatent entre les bords des armatures. Nous substituerons donc au schéma de la figure 1 qui

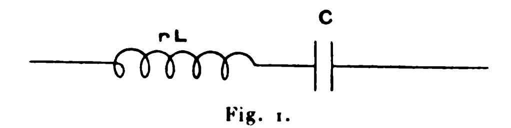


Fig. 1.

correspond à la théorie ordinaire celui de la figure 2, où ρ sera désigné sous le nom de résistance du condensateur. Il faut aussi établir une distinction entre la tension appliquée au circuit et la différence de potentiel qui existe entre les armatures du condensateur au moment où la résonance se produit; celle-ci est bien

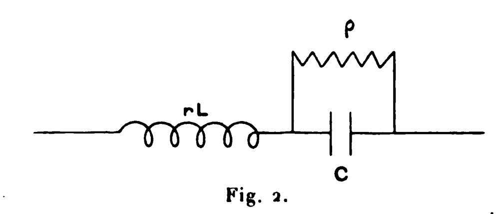


Fig. 2.

plus grande que la première, comme le montre l'exemple numérique suivant :

Supposons que $U = 100$ volts; $C = 10^{-6}$ farad; $r = 10$ ohms; $f = 48$; $\omega = 2\pi f = 300$. A la résonance,

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = 11,1 \text{ henrys}; \qquad I = \frac{U}{r} = 10 \text{ ampères},$$

et

$$U_c = \frac{I}{\omega C} = 33300 \text{ volts}$$

(U_c différence de potentiel entre les armatures). En réalité, les valeurs de I et U_c n'atteignent jamais ces limites théoriques, car il se produit toujours une décharge ou des pertes comme nous l'avons indiqué ci-dessus.

L'application des formules donnant l'impédance équivalente à deux impédances en dérivation (*fig.* 3) va nous conduire à des conclusions très voisines des résultats qu'on observe dans la pratique. Pour les deux circuits $i_1 r_1 L_1$ et $i_2 r_2 L_2$, l'impédance équivalente est

$$z' = \sqrt{\frac{(r_1^2 + \omega^2 L_1^2)(r_2^2 + \omega^2 L_2^2)}{(r_1 + r_2)^2 + \omega^2 (L_1 + L_2)^2}},$$

qui peut se mettre sous la forme $z' = \sqrt{r'^2 + \omega^2 L'^2}$, en posant

$$r' = \frac{A}{A^2 + \omega^2 B^2}, \qquad L' = \frac{B}{A^2 + \omega^2 B^2},$$

avec

$$A = \frac{r_1}{r_1^2 + \omega^2 L_1^2} + \frac{r_2}{r_2^2 + \omega^2 L_2^2},$$

$$B = \frac{L_1}{r_1^2 + \omega^2 L_1^2} + \frac{L_2}{r_2^2 + \omega^2 L_2^2}.$$

On a encore

$$\operatorname{tang} \varphi' = \frac{\omega' L'}{r'},$$

φ' désignant le déphasage entre le courant i et la différence de potentiel U' entre les points B et D.

Pour le circuit total, l'impédance z sera

$$(1) \qquad z = \sqrt{(r + r')^2 + \omega^2 (L + L')^2}$$

et

$$(2) \qquad \operatorname{tang} \varphi = \frac{\omega (L + L')}{r + r'}.$$

Nous avons supposé implicitement qu'il n'y avait pas de capacité dans le circuit; dans le cas contraire, les formules restent toujours les mêmes, à la condition de remplacer les coefficients L par $\left(L - \frac{1}{\omega^2 C}\right)$. Appliquons au circuit de la figure 2; on a

$$r_1 = \rho, \qquad L_1 = 0, \qquad r_2 = 0, \qquad L_2 = -\frac{1}{\omega^2 C}.$$

Alors

$$A = \frac{1}{\rho}, \qquad B = -C, \qquad r' = \frac{\rho}{1 + (\omega \rho C)^2},$$

$$L' = -\frac{\rho^2 C}{1 + (\omega \rho C)^2}$$

et

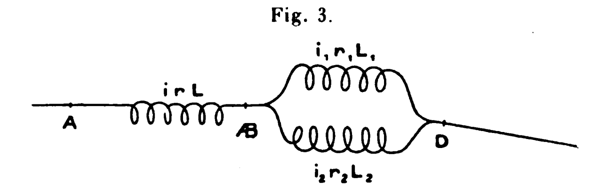
$$(3) \qquad I = \frac{U}{\sqrt{\left[r + \frac{\rho}{1 + (\omega\rho C)^2}\right]^2 + \omega^2 \left[L - \frac{\rho^2 C}{1 + (\omega\rho C)^2}\right]^2}};$$

$$(4) \qquad \operatorname{tang} \varphi = \frac{\omega \left[L - \frac{\rho^2 C}{1 + (\omega\rho C)^2}\right]}{r + \frac{\rho}{1 + (\omega\rho C)^2}}.$$

Pour $L = \frac{\rho^2 C}{1 + (\omega\rho C)^2}$, tang φ est nul. Il y a donc résonance et I prend la valeur maxima $\frac{U}{r + \frac{\rho}{1 + (\omega\rho C)^2}}$.

Cette valeur est inférieure à celle donnée au début et relative à un condensateur parfait. Le coefficient de self-induction L est aussi diminué; il dépend maintenant de la résistance ρ du condensateur, mais reste toujours indépendant de la résistance r en série avec lui.

Fig. 3.



Étudions quelques cas particuliers :

1° Le terme $(\omega\rho C)^2$ est assez petit pour qu'on puisse le négliger devant l'unité, alors la condition de résonance se réduit à $L = \rho^2 C$ et la valeur maxima du courant est $I = \frac{U}{r + \rho}$; tout se passe comme si les deux résistances étaient connectées en série sans condensateur;

2° Le terme $(\omega\rho C)^2$ est très grand devant l'unité; la condition de résonance revient à celle d'un condensateur parfait $L = \frac{1}{\omega^2 C}$, mais l'intensité est

$$I = \frac{U}{r + \frac{1}{\omega^2 \rho^2 C^2}}.$$

Si le produit $\omega^2 \rho^2 C^2$ ou seulement l'un de ses facteurs est infiniment grand, l'intensité remonte à sa valeur normale $\frac{U}{r}$; c'est-à-dire que, pour une très haute fréquence ou de très grandes valeurs de la résistance du condensateur et de la capacité, on retombe sur les formules ordinaires du condensateur parfait.

La différence de potentiel entre les armatures du condensateur suit les mêmes lois que I; elle est considérablement diminuée par l'effet des pertes dans le diélectrique. Cette constatation est d'une importance capitale quand on veut résoudre les questions relatives aux surtensions.

Plus généralement, si trois des quantités ω, ρ, L et C sont données, on exprime la condition de résonance en écrivant que la dérivée de I par rapport à la variable indépendante est nulle. B. K.

ACCUMULATEURS

Procédés économiques pour la charge des batteries dans les usines dépourvues de survolteurs, par F. LOPPÉ (*Industrie électrique*, t. XV, 10 août, p. 352-353). — Généralement, dans les usines ne disposant pas de survolteur, on charge la batterie de réserve en la partageant en deux et en reliant ces deux demi-batteries en parallèle aux conducteurs extrêmes de la distribution, après intercalation de rhéostats convenables. Cette façon d'opérer, outre qu'elle a l'inconvénient de ne pas permettre d'utiliser la batterie pendant la charge, entraîne nécessairement une perte d'énergie considé-

rable dans les rhéostats. Dans son article, l'auteur signale trois procédés qui peuvent être appliqués pour éviter cette perte d'énergie.

Ces procédés sont basés sur la remarque suivante : Si U est la tension de distribution en volts, le nombre des éléments de la batterie doit être de $N = U : 1,8$, puisqu'il est de règle d'arrêter la décharge d'un accumulateur quand sa tension aux bornes est descendue à $1^{\text{volt}},8$. D'autre part, il faut pour la charge une tension de $2^{\text{volts}},5$ aux bornes de chaque élément. Avec la tension U de distribution, on peut donc charger $N' = U . 2,5$ éléments. En éliminant U entre ces deux égalités, on trouve que N' est sensiblement les deux tiers de N.

Un premier procédé de charge économique consistera donc à partager la batterie en trois parties, *a*, *b*, *c*, comprenant le même nombre d'éléments et à charger deux de ces parties réunies en série. Par exemple, on chargera *a* et *b* jusqu'à ce qu'elles aient pris la moitié de l'énergie qu'elles peuvent emmagasiner. Puis on connectera *b* et *c* en série et l'on opérera une nouvelle charge jusqu'à ce que *b* soit complètement chargée. Enfin on reliera en série *c* et *a* et une troisième opération complétera la charge de ces deux parties. Les trois manœuvres peuvent être faites au moyen d'un commutateur spécial que construisent diverses maisons d'appareillage allemandes.

Un second procédé, préconisé en Allemagne par M. Micka, n'exige que deux manœuvres. On divise encore la batterie en trois portions égales, puis on dispose en série, d'une part la portion *a*, d'autre part les deux portions *b* et *c* reliées en parallèles; on charge à fond la portion *a*, de sorte que les portions *b* et *c* ont alors reçu chacune la moitié de leur charge; on retire *a* et l'on termine en donnant le reste de la charge aux portions *b* et *c* couplées en tension.

Le troisième procédé, adopté par les Chemins de fer de l'État français, permet de n'effecter qu'une manœuvre. La batterie est alors constituée par $\frac{2N}{3}$ éléments ayant la capacité voulue Q et par $\frac{2N}{3}$ éléments ayant une capacité moitié moindre. Pour la charge, on branche entre les conducteurs extrêmes du réseau, d'une part, les $\frac{2N}{3}$ éléments de capacité Q, d'autre part les $\frac{2N}{3}$ éléments de capacité $\frac{Q}{2}$ également reliés en série. Pour la décharge, ces derniers éléments sont connectés, de manière à former deux batteries de $\frac{N}{3}$ éléments reliées en parallèle et cette double batterie est mise en série avec les $\frac{2N}{3}$ éléments de capacité Q.

Accumulateur. J. KITSEE (Brevet français 355839 du 3 juillet 1905). — L'objet de cette invention est de rendre à la matière active positive ayant subi des charges et des décharges sa résistance initiale. Pour cela, on soumet la plaque à l'action d'un agent réducteur : chlorure de sodium, acide sulfureux, ou de la chaleur. En même temps que la matière positive se réduit, la substance additionnée qui s'est oxydée agit comme liant.

Procédé pour régénérer les plaques négatives des accumulateurs, de capacité amoindrie, ou pour empêcher la diminution de capacité des plaques neuves. R. KIESERITZKY [1re addition (n° 5060) du 26 juillet 1905, au brevet français 346760]. — Dans le brevet principal, on empêchait la diminution de capacité des négatives en interposant entre les plaques des planchettes, lames, etc. de bois préalablement débarrassé, par un lavage au moyen de solutions alcalines, des substances nuisibles aux positives ou qui s'opposent au passage du courant.

Dans cette addition, au lieu de placer le bois entre les plaques, on le dispose au sein de l'acide dans une capacité appropriée quelconque ménagée dans le bac.

Méthode pour augmenter la capacité des accumulateurs électriques. MAX ROLOFF (Brevet français 356950 du 16 août 1905). — On a essayé de retarder la contraction du plomb spongieux en ajoutant à la matière active des corps inertes finement divisés (coke, gypse, pierre ponce, etc.). L'inventeur prétend obtenir un meilleur résultat et augmenter la capacité des négatives contractées en ajoutant à l'électrolyte de l'élément certaines substances organiques dont les plus efficaces seraient : gélatine, colle, albumine; amidon, gomme, sucre, dextrine; phénol, hydroquinone, pyrocatéchine, pyrogallol; acides phénol-sulfoniques. Comme ces substances se détruisent peu à peu par électrolyse, il faut renouveler de temps en temps les additions.

Emploi du vanadium et de ses composés dans les accumulateurs. J. BOUFFORT (Brevet français 357601 du 2 août 1905). — L'invention consiste à remplacer dans les accumulateurs le plomb par le vanadium et l'acide sulfurique par l'acide vanadique ou ses sels. Le brevet n'indique ni les réactions ni les propriétés de l'accumulateur ainsi obtenu.

Perfectionnement aux électrodes de pile secondaire, H. M. LEVYLIER (Brevet français 350332 du 22 novembre 1904). — L'invention a pour objet un procédé de préparation des plaques positives en peroxyde de nickel. On rend, au préalable, la plaque de nickel poreuse, puis on la charge comme anode, en regard d'une cathode en nickel, dans une solution concentrée d'azotate double de nickel et d'ammoniaque de 30° à 40° Baumé et portée à une température voisine de l'ébullition. L'intensité du courant est maintenue entre 0,5 et 1 ampère par décimètre carré de surface d'anode. La plaque de nickel ainsi peroxydée jouit, d'après le brevet, des propriétés suivantes : elle a une faible résistivité, la répartition du courant y est très régulière, sa durabilité est considérable, sa capacité massique est très grande. L. J.

USINES ÉLECTRIQUES.

Durée probable et valeur résiduelle des éléments d'une usine électrique, par WILLIAM PRICE (*Electrician*, t. LVII, 17 août 1906, p. 704). — Dans un rapport adressé le 4 juillet dernier à M. F. Proctor, ingénieur



des services électriques de Bristol, sir William Price évalue, comme il est indiqué dans le Tableau suivant, la durée probable des divers éléments (bâtiments, machines, appareils, etc.) des usines de Bristol, dans l'hypothèse d'un entretien convenable, ainsi que leur valeur, en centièmes du prix d'achat, qu'ils ont encore à ce moment.

	DURÉE — Années.	VALEUR RÉSIDUELLE. — Centièmes du prix d'achat.
Fondations	100	0
Bâtiments	80	0
Chaudières à tubes d'eau	25	5
Chaudières Lancashire	22	3
Dynamos et alternateurs	30	8
Moteurs et autres machines	25	6
Câbles armés	35	15
Câbles dans caniveaux en bois	40	12
Bâtiments des sous-stations	50	0
Equipement des sous-stations	25	12
Accumulateurs	15	10
Supports de lampes à arc	40	5
Lampes à arc	12	5
Moteurs	25	9
Compteurs	12	2
Accessoires et instruments	12	2
Machines-outils et divers	10	5
Chaloupes électriques	10	5

Ces chiffres ont été établis d'après les données fournies par les services municipaux de Bristol ; ils ne sauraient donc être considérés comme applicables à toute installation où les conditions d'exploitation et d'entretien seraient différentes. Toutefois, sir W. Price a plutôt diminué qu'augmenté la durée probable de certains éléments qui, à Bristol, se trouvent dans des conditions de conservation exceptionnelle. En particulier il semble résulter de l'examen des tronçons de câbles posés depuis 1893 et de l'essai électrique de tout le réseau que les câbles sont aujourd'hui en aussi bon état qu'au moment de leur pose : leur durée probable serait donc illimitée ; or, sir W. Price fait remarquer avec raison que cette excellente conservation prouve seulement que le sous-sol de Bristol ne contient jusqu'ici aucune matière capable de détériorer les câbles, et qu'il n'est pas certain qu'il en sera toujours ainsi ; d'autre part, les tronçons de câbles examinés sont nécessairement en assez petit nombre et les bons résultats des essais électriques effectués sur l'ensemble du réseau ne peuvent assurer qu'une modification subite des qualités isolantes des revêtements ne se produira pas ultérieurement ; aussi a-t-il évalué la durée probable des câbles en admettant que la plus grande partie du réseau dure 50 ans et que quelques portions doivent être remplacées après une moindre durée d'utilisation. Dans l'estimation de la valeur résiduelle des installations M. Price a aussi tenu compte de ce que, au moment où les usines de Bristol ont été équipées, le coût des machines et appareils à courant alternatif simple était plus élevé qu'aujourd'hui. Il semble dès lors que les chiffres précédents puissent être pris comme bases du calcul des dépenses d'amortissement d'une installation quelconque à courants alternatifs et c'est la raison qui nous a engagé à les reproduire.

BREVETS RÉCENTS.

Piles : Brewer. USAP. 814825, 24 août 1905 (électrode en zinc pour pile). — Buhot et Regnier. BF. 363135, 10 fév. 1906 (pile voltaïque à liquide immobilisé). — Fermerling et Porscke. BF. 362280, 9 janvier 1906 (pile électrique utilisant le chlorure d'aluminium comme liquide excitateur et dépolarisant). — Gauzentes et Dubois. BF. 362437, 16 janvier 1906 (pile sèche hermétique). — Lockwood. USAP. 812504 et 812505, 18 et 16 juillet 1904 (pile primaire). — Mond. USAP. 813682, 14 août 1905 (pile thermo-électrique). — Schneider. USAP. 816384, 11 août 1905. — Société française de Métallurgie. BF. 362758, 27 janvier 1906 (perfectionnements aux piles Gallaud à sulfate de cuivre). — Siemens et Halske. BF. 362796, 29 janvier 1906 (pile sèche Leclanché). — Edison. BF. 362691, 25 janvier 1906 ; BP. 1927, 1906 ; DRP. 169951, 11 déc. 1904. — Fernell et Perry. BP. 7903, 1905. — Felten et Guillaume. DRP. 167343, 5 février 1904 (batterie tampon avec convertisseur pour distribution à courant alternatif). — Fox. BP. 12947, 1904. — Gerard et Fiedler. BP. 6786, 1905. — Gouin. BF. 360664, 4 mars 1905, (peroxydation et formation des plaques positives de nickel). — Hallock. USAP. 814691, 15 mai 1905. — Hugot. BF. 361166, 29 déc. 1905. — Kellner. BP. 24538, 1905. — Kitsee. BP. 3427, 1904. — Kother. BP. 21437, — Lévi. BF. 362123, 1905. 2 janvier 1906 (accumulateur électrique à plaque spongieuse et à grand rendement). — Lyndon. USAP. 815360, 23 mars 1905 (dispositif pour la charge des batteries d'accumobiles). — Marçay (de). BF. 362909, 24 janvier 1906. — Morrisson et Bulkley. BP. 3560, 1904. — Mouterde. USAP. 814064, 24 juillet 1905. — Oppermann. USAP. 815628, 11 avril 1905 (batterie d'accumulateurs dont la matière active contient des fils d'une matière destructible par le liquide électrolytique).

Accumulateurs : Accumulatoren-Fabrik A.-G. DRP. 174220, 10 juin 1905 (dispositif pour la charge des batteries transportables) ; BF. 361989, 6 avril 1906 (séparateurs pour batteries d'accumulateurs). — Bastian et Calvert. BP. 4867, 1905 (électrodes). — Berglund. BF. 364264, 15 mars 1906 (isolation pour accumulateurs). — Cance. BF. 365481, 21 avril 1906 (genre de plaques ou électrodes pour accumulateurs électriques). — Celestre. DRP. 173614, 16 avril 1903. — Chemin. BF. 364161, 12 mars 1906. — Cox. BP. 13471. 1905. — Edison. USAP. 817162, 29 sept. 1904 (traitement des accumulateurs alcalins) ; 821032, 28 sept. 1904 ; 821623, 821624, 821625, 821626 et 821628, 2 et 5 nov. 1904, 30 mars et 26 mai 1905 (accumulateur) ; DRP. 174676, 7 janv. 1903 (accumulateur à électrolyte alcalin). — Electric Boat Cy. DRP. 172957, 9 déc. 1903. — Ford. USAP. 824348, 20 juil. 1904. — Fay. USAP. 820040, 19 août 1904. — Gardiner. DRP. 173615, 26 fév. 1906. — Genard. DRP. 173344, 17 déc. 1902. — Hartung. BP. 16570, 1905. — Joel. BP. 17238. 1905. — Kelley. BP. 12253, 1905. — Knight. BP. 22673, 1905. — Luckow. DRP. 174675, 11 mai 1905 (régénération d'accumulateurs électriques). — Millan (Mac). USAP. 817498, 1er avril 1905.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

TRANSMISSION D'ÉNERGIE DANS LA RÉGION DU NORD.

L'an dernier la Société industrielle du Nord de la France mettait au concours l'étude d'un projet de production, transmission et distribution d'énergie électrique dans la région du Nord. L'intérêt que présente la question posée nous ayant engagé à en aborder l'étude, nous publions ici les résultats auxquels elle nous a conduit.

Emplacement de l'usine. — Tandis que la source de l'électricité sera l'énergie hydraulique pour les pays de montagne, c'est vers la mine que la région du Nord devra se tourner pour avoir le courant électrique nécessaire au développement de son industrie.

La mine en effet pourra produire l'énergie électrique, soit en brûlant des charbons de qualité secondaire dont le transport, en raison du prix, n'est possible que dans un rayon peu étendu, soit en utilisant les gaz perdus des fours à coke. Dans les deux cas, l'électricité devient en quelque sorte un sous-produit de la mine, ce qui indique clairement que le courant peut être vendu à un prix modique en laissant un bénéfice appréciable à ceux qui le produisent.

L'utilisation des gaz perdus n'est pas particulière aux mines et elle peut trouver son application dans les usines métallurgiques. Il est toujours possible d'envisager la récupération des gaz perdus provenant, soit des hauts fourneaux, soit des fours à acier, mais il nous paraît cependant assez difficile d'envisager l'usine métallurgique comme usine centrale d'électricité.

D'une part, l'usine métallurgique serait le plus gros consommateur de sa station centrale, et, comme il est possible que les calories récupérées ne suffisent pas à la production totale du courant électrique, il y aurait nécessité, pour l'usine métallurgique, d'acheter du charbon pour vendre de l'électricité. Il y aurait là une situation qui n'a rien d'impossible mais qui, toutes choses égales, place l'usine métallurgique du Nord dans une situation inférieure vis-à-vis de la mine de la même région.

Choix des moteurs. — Nous avons à notre disposition deux moyens de transformer en énergie mécanique les calories qui sont récupérées des fours à coke ou celles qui sont contenues dans le charbon.

Le premier moyen consiste à utiliser directement les gaz en les mélangeant à l'air dans des proportions convenables pour produire les explosions nécessaires au fonctionnement de moteurs à gaz ; le second, à employer les calories disponibles à la production de la vapeur qui sera utilisée par des machines à vapeur.

Dans l'état actuel de l'industrie, mes préférences vont à la deuxième solution.

Bien qu'il existe des moteurs à gaz de 1000, 1500 et 2000 chevaux, je ne crois pas que ces moteurs présentent au même degré que les machines à vapeur la régularité de marche qui est indispensable pour assurer un service public.

D'autre part, lorsque nous utiliserons des houilles de qualités inférieures, elles conviendront mal pour les gazogènes, qui, jusqu'à présent, n'acceptent que de l'anthracite de bonne qualité sous peine d'encrassement des soupapes et des orifices, d'où arrêt des moteurs.

Au point de vue de la consommation de combustible, il est admis que les moteurs à gaz pauvre arrivent à ne consommer que 400g d'anthracite par cheval *pour la marche à pleine charge,* mais il est à peu près impossible d'avoir constamment ces unités à ce régime et, lorsque nous nous éloignerons de celui-ci, nous aurons rapidement une dépense de 500g et 600g par cheval. D'où il résulte que la consommation réduite des moteurs à explosion est plus apparente que réelle.

Choix des unités. — Ayant adopté les machines à vapeur, voyons quelle sera la puissance de chacune des machines qui vont constituer notre usine. C'est une question que nous ne pouvons résoudre d'une façon absolue étant donné le caractère général de cette étude. Nous pouvons toutefois poser cette règle fondamentale que : « Plus chaque unité sera puissante et moins sera élevé le coût de premier établissement ; par contre, la consommation sera d'autant moindre, que chaque unité fonctionnera plus longtemps à son maximum de charge. »

Pour une région comme la région du Nord, où l'électricité peut avoir des applications multiples, l'on remplira assez complètement la double condition de la règle précitée, en employant des unités de 2000 chevaux.

Choix du courant. — C'est là un point très délicat et susceptible de servir de thème à une longue discussion qu'il est inutile d'aborder ici. Mes préférences vont aux courants alternatifs.

C'est grâce aux courants alternatifs que les transports de force ont pu se développer. Ces courants présentent, en effet, le grand avantage de pouvoir

se transformer facilement et avec un rendement élevé, de haute en basse tension, et inversement.

De plus, les transformateurs sont des appareils qui, ne tournant pas, n'ont besoin d'aucune surveillance permanente. Cette facilité de transformation est commune à tous les courants alternatifs, qu'ils soient mono ou polyphasés.

Au point de vue des génératrices pour des puissances égales, les conditions de fonctionnement sont les mêmes, qu'il s'agisse de mono, de bi ou de triphasé.

En ce qui concerne la ligne, le monophasé l'emporte, car, s'il y a égalité dans le poids du cuivre avec les distributions en courants polyphasés, il n'y a que deux fils, d'où économie d'isolateurs, poteaux moins importants, et, d'une façon générale, diminution des chances d'arrêt du fait des accidents de ligne.

Le gros inconvénient du courant monophasé était, jusqu'à ces derniers temps, la difficulté de mise en marche des moteurs alimentés avec ce genre de courant. L'on ne pouvait et l'on ne peut encore obtenir ce démarrage qu'à vide ou avec une faible partie de la charge.

Des progrès récents, qui en laissent prévoir d'autres, peuvent faire espérer que, dans un temps relativement prochain, les moteurs monophasés ne le céderont à aucun point de vue aux moteurs polyphasés. Le courant biphasé est d'un emploi assez peu fréquent. Il ne présente, comme avantage sur le triphasé, que celui de n'avoir que deux phases ou ponts à équilibrer; avantage bien mince en regard de l'ennui de fonctionner avec quatre fils, le triphasé n'en demandant que trois.

La distribution d'énergie que nous avons en vue doit permettre la distribution de la force avec le maximum de simplicité et de sécurité. Les moteurs doivent être robustes, bon marché, et d'une mise en route facile. C'est le courant triphasé seul qui nous permettra d'obtenir ces multiples conditions. C'est donc en courant triphasé que sera notre distribution projetée.

Choix de la tension. — Nous avons supposé notre usine de 15000 chevaux. Il n'est pas téméraire d'affirmer qu'en supposant cette usine dans le bassin houiller du Nord ou du Pas-de-Calais, nous pourrons trouver le placement de cette force dans un rayon qui sera inférieur à 50^{km}. Le transport de ces 15000 chevaux dans l'étendue indiquée conduit à une tension de 30000 volts pour une perte de 10 pour 100 avec un poids de cuivre admissible.

Le voltage aux alternateurs sera de 5000 volts et sera élevé à 30000 par les transformateurs installés à l'usine centrale. Sur le parcours de la ligne, cette tension de 30000 volts sera abaissée à 3000 ou 5000 volts, afin de constituer des réseaux secondaires permettant de distribuer facilement l'énergie dans des agglomérations d'une certaine étendue.

Frais de premier établissement. — L'étude de notre transport de force étant tracée dans ses grandes lignes, voyons maintenant ce que coûteront les frais de premier établissement.

Usine centrale. — Son devis peut s'établir comme suit :

	fr
Chaudières, surchauffeurs, fumisteries, pompes d'alimentation et autres accessoires	1000000
Groupes électrogènes, complets avec alternateurs, groupes d'excitation compris condenseurs	1800000
Transformateurs élévateurs	200000
Tuyauteries diverses, conduites pour les eaux d'alimentation, réfrigérants, condensation centrale	250000
Tableaux, appareillages divers, canalisations dans l'usine	150000
Terrain, bâtiments, fondations de machines, souterrains pour passage des câbles, cheminées	1000000
Au total	4400000
Ajoutons pour imprévus 10 pour 100, soit	440000
Cela fait	4840000

En chiffres ronds, nous pouvons dire que l'usine centrale coûtera 5 millions de francs.

Si nous comparons ce chiffre à ceux donnés par les statistiques, nous voyons que ces derniers indiquent qu'une usine centrale à vapeur de 3000 à 4000 chevaux coûte en moyenne 400^{fr} par cheval. Or, nous avons trouvé 5 millions pour 15000 chevaux, ce qui donne 355^{fr} par cheval, chiffre un peu inférieur à celui des statistiques. Nous pouvons cependant l'admettre comme bon, attendu que le prix par cheval doit diminuer au fur et à mesure que la puissance de l'usine augmente, et le prix unitaire pour 3000 chevaux doit être supérieur à celui d'une usine de 15000.

Ligne. — La ligne, qui est un des points les plus essentiels du transport d'énergie, est, en plus, la partie de l'installation la plus susceptible de détériorations causées par les intempéries, la malveillance ou des accidents souvent fortuits.

Les précautions à prendre pour l'établissement des lignes sont d'autant plus importantes, que tout accident de ligne entraîne l'arrêt souvent total de l'installation. Nous allons examiner successivement les trois parties principales d'une ligne, c'est-à-dire : les poteaux, les isolateurs et les conducteurs.

Les *poteaux* sont, d'après leur constitution, de trois sortes :

Les poteaux de bois, les poteaux de fer (tubes ou treillis) et les poteaux en ciment armé dits poteaux mixtes.

Les poteaux de bois en sapin injectés de sulfate de cuivre ou de bichlorure de mercure sont les plus

employés, à cause de leur prix peu élevé. Les poteaux de 10^m à 12^m de longueur totale reviennent en moyenne à 35^{fr}, mis en place. Les poteaux de bois se plantent à même la terre. Le trou dans lequel ils sont dressés est fait à l'aide d'outils spéciaux, à un diamètre très peu supérieur à celui du poteau. Il est bon, pour la conservation de celui-ci, de passer au carbonyle ou au goudron la partie plantée en terre jusqu'à $0^m,30$ environ au-dessus du sol.

Malgré ces précautions, il ne faut pas compter que la durée du poteau de bois soit supérieure à dix ans, et l'on aura des remplacements à faire au bout de cinq années.

Le poteau de fer en treillis est plus lourd et d'un prix d'achat de beaucoup supérieur aux précédents. Il est planté dans un massif en béton de ciment. Son grand avantage consiste dans sa résistance et surtout dans sa durée. Celle-ci peut être considérée comme presque illimitée, à condition de l'entretien peu important des couches de peinture qui recouvrent le fer. Les poteaux de fer en treillis de 12^m de hauteur, calculés pour résister à 250^{kg} au sommet, reviennent environ à 250^{fr} mis en place.

Le poteau mixte est de fabrication récente. Il se compose d'une âme en bois de sapin entourée d'un treillis de fils de fer et enduit de ciment sur une épaisseur de plusieurs centimètres sur toute la surface. Ce poteau, par sa construction même, peut être fabriqué à proximité de son lieu d'emploi. Son prix de revient est d'environ 80^{fr} mis en place; pour une longueur de 12^m, ce poteau, comme celui en bois, se plante à même le sol. Ce genre de poteau est d'un emploi trop récent pour que l'on puisse être fixé sur sa durée. Des essais à la flexion faits sur des échantillons ont donné des résultats assez remarquables et d'autant plus surprenants qu'il s'agit de pièces en ciment, matière faite pour travailler plutôt à la compression qu'à la flexion.

De ces trois sortes de poteaux, je préconiserai l'emploi des poteaux en treillis et des poteaux en bois. Les premiers, destinés à la ligne principale, qui sera comme la colonne vertébrale de notre réseau; les seconds seront employés pour les dérivations. Il faut, en effet, dans un projet de l'importance de celui qui nous occupe, ne pas seulement faire entrer en ligne de compte le prix des poteaux, mais tenir compte également des difficultés que peuvent présenter les remplacements. Ceux-ci ne sont possibles qu'en arrêtant le courant pendant plusieurs heures, et il serait inadmissible de la part d'une exploitation qui fournit plusieurs milliers de chevaux d'arrêter à chaque instant pour des montages de poteaux. Sur les dérivations cet inconvénient disparaît, d'abord parce que l'on n'arrêterait que juste la puissance qui passe par cette dérivation, et ensuite parce que, plus courte que la ligne principale, le nombre des poteaux sur une dérivation est aussi moindre.

Nous ne discuterons pas ici sur la meilleure forme à donner aux *isolateurs,* ni sur les avantages et les inconvénients du verre et de la porcelaine. Nous dirons simplement que les isolateurs, pour être acceptables, doivent remplir la double condition suivante : 1° résister, au laboratoire, à une tension double de la tension normale; 2° avoir une ligne de fuite telle que l'isolement kilométrique par temps de pluie des trois fils connectés ensemble soit au minimum de 10 mégohms.

Les *conducteurs* seront en cuivre nu; l'on commence cependant à employer, pour quelques lignes importantes, l'aluminium, plus léger que le cuivre. A section égale, l'aluminium a une conductibilité moitié de celle du bronze dur employé pour les lignes; autrement dit, pour une même perte en ligne, il faut prendre, pour l'aluminium, une section double de celle que l'on prendrait pour le cuivre.

La résistance à la traction du bronze dur employé pour les lignes est de 45^{kg} et on l'emploie avec un coefficient de $\frac{1}{5}$.

L'aluminium résiste à la rupture à 22^{kg}.

Actuellement, l'emploi du cuivre n'est pas plus onéreux que l'emploi de l'aluminium; peut-être les progrès incessants de l'Électrochimie viendront-ils modifier cet état de chose et nous faire entrevoir la possibilité de substituer l'aluminium au cuivre dans les réseaux de distribution électrique.

Si pour notre ligne, supposée de 50^{km}, transmettant une puissance de 10000 kilowatts le long de son parcours, nous acceptons une perte de 10 pour 100, la section de cuivre par phase sera de 100^{mm^2}.

Les difficultés de tension d'un fil, voire même d'un câble de cette section, sont suffisantes pour obliger à prendre deux fils par phase de 50^{mm^2}.

Voyons maintenant quel va être le coût de cette ligne et du réseau de distribution en général, comprenant les postes de transformateurs abaisseurs.

En raison des courbes, la distance moyenne entre poteaux sera de 35^m environ. Nous pouvons donc compter par kilomètre 30 poteaux. Pour 50^{km}, nous aurons 1500 poteaux et quinze cents fois six isolateurs, c'est-à-dire 9000 isolateurs.

Le cuivre de 50^{mm^2} environ pèse 450^{kg} au kilomètre, ce qui nous fait pour 6 fils, 2700^{kg} pour 1^{km} et pour 50^{km}, 135 tonnes.

Nous avons estimé précédemment le poteau mis en place à 250^{fr}.

Pour les isolateurs, nous pouvons les estimer à 6^{fr} pièce, pose comprise.

Quant au cuivre, son prix est variable suivant le cours. Mais nous prendrons cependant, pour nous

fixer les idées, comme prix des conducteurs, 2500fr la tonne mise en place.

Le devis de notre ligne va donc s'établir comme suit :

1500 poteaux à 250fr	375000fr
9000 isolateurs à 6fr	54000
135 tonnes de cuivre à 250fr	337500
Il faut compter en outre pour frais : d'imprévus, d'élagages, de déplacement de lignes télégraphiques ou téléphoniques, traversées de routes, de canaux, de voies ferrées, pour redevances aux propriétaires dans les cas où des poteaux sont fixés en des propriétés particulières, sur une moyenne de 5000fr par kilomètre, soit, pour 50km.	250000
Nous aurons au total	1016500fr
Il faut ajouter à ce chiffre celui des lignes de dérivation qui se branchent sur la ligne principale et que nous pouvons estimer en bloc à...	500000fr

Pour compléter définitivement les frais de première installation, il nous faut envisager le coût des transformateurs abaisseurs. Ceux-ci, avec leur appareillage et leurs abris, c'est-à-dire les maisonnettes qui les renferment, peuvent être estimés à 100fr par kilowatt.

Le nombre de kilowatts distribués étant de 10000, l'ensemble des transformateurs abaisseurs installés avec leur appareillage peut être évalué à 1 million.

Le total des frais de premier établissement est donc le suivant :

Usine	5000000fr
Ligne principale et dérivations	1516500
Transformateurs abaisseurs	1000000
Soit	7516500fr

Pour parer aux imprévus et aux frais accessoires tels que ceux afférents à la constitution de la société, à la rémunération des apports, nous dirons que le capital nécessaire à l'installation de cette entreprise est de 8000000fr.

Rendement général de l'installation. — Étant donnée la puissance installée à l'usine, voyons, avec une installation telle que celle dont nous venons d'examiner les différentes parties, quelle pourra être la puissance disponible aux extrémités du réseau.

Les rendements partiels sont :

	Pour 100
Alternateurs	93
Transformateurs élévateurs	97,5
Réseau à 30000 volts	90
Transformateurs abaisseurs	97,5
Réseaux secondaires et tranformateurs secondaires	85

Le rendement total sera donc de 73 pour 100.

Pour tenir compte des imprévus et des rendements partiels qui pourraient être inférieurs à ceux ci-dessus, nous prendrons comme rendement global 70 pour 100.

Ce rendement à une unité près peut être admis comme celui que nous aurions en fonctionnant aux environs de $\frac{2}{3}$ de charge.

Coefficient d'utilisation. — L'on désigne sous le nom de coefficient d'utilisation le rapport des kilowatts-heures fournis en une année par l'usine au nombre des kilowatts-heures obtenus en multipliant la puissance de l'usine exprimée en kilowatts par le nombre d'heures de l'année, c'est-à-dire par 8760.

D'après les statistiques données par M. Saint-Martin dans son travail sur les distributions d'énergie électrique, le coefficient d'utilisation des usines électriques varie de 6 pour 100 pour celles qui ne distribuent que de l'éclairage à 50 pour 100 pour celles qui alimentent des réseaux de tramways.

Notre transport d'énergie doit surtout distribuer de la force motrice, il doit également fournir l'éclairage dans toutes les agglomérations qui se trouvent à proximité du réseau. Nous croyons donc être au-dessous de la vérité en fixant son coefficient d'utilisation à 35 pour 100.

Nous avons prévu que la puissance disponible à l'usine était de 10000 kilowatts. Le nombre de kilowatts-heures produits annuellement à l'usine sera donc de : $0,35 \times 8760 \times 10000$ kilowatts, soit en chiffres ronds : 30000000 de kilowatts-heures par an.

Le nombre des kilowatts-heures vendus annuellement sera de :

$$30000000 \times 0,7 = 21000000.$$

Prix de revient du kilowatt-heure. — Les dépenses totales peuvent se décomposer en trois parties : 1° dépenses de charbon et d'huile; 2° les frais de personnel, d'administration, d'entretien et de réparation que nous appellerons *frais d'exploitation*; 3° les frais d'amortissement. Détaillons chacune de ces parties.

Si nous marchions avec les calories récupérées des fours à coke, nous pourrions dire que la dépense de charbon serait nulle. Elle serait dans ce cas remplacée par les frais d'amortissement et d'entretien afférents aux appareils servant à récupérer ces calories.

Toutefois, pour nous fixer les idées, nous dirons que les 8000 calories [1] produites sur le carreau de la mine reviennent à 15fr.

Avec des unités de 2000 chevaux, telles que celles prévues dans notre installation, nous pouvons compter sur une consommation aux essais de 5kg de vapeur par cheval-heure. Ce qui correspond à 7kg,300 par kilowatt-heure.

[1] Ces 8000 calories correspondent à 1kg de charbon d'Anzin, qualité marine, unité adoptée pour les essais de chaudières dans les grandes usines d'électricité.

13...

Si nous tablons sur 8^{kg} de vapeur par kilogramme de charbon (à 8000 calories) brûlé aux chaudières, nous aurons une consommation de 915^{g} de charbon par kilowatt-heure.

Mais ce n'est là qu'un résultat d'essai obtenu dans des conditions toutes spéciales (fonctionnement constant à pleine charge, chauffeurs très expérimentés, etc.), de plus les consommations des machines de servitude : pompes, élévateurs, etc. ne sont pas comprises. Nous devons donc multiplier les chiffres ci-dessus par un coefficient de 1,5. Nous pouvons compter que le kilowatt-heure produit à l'usine exige une consommation de $1^{kg},375$ de charbon à 8000 calories.

La consommation totale annuelle de charbon de notre usine sera de :

30000000 × 1,375, c'est-à-dire de 51200 tonnes.

Soit, en francs, 768000. Avec l'huile et les imprévus nous compterons sur 800000^{fr} par an.

Le kilowatt-heure moyen coûtera donc, rien que de charbon et d'huile, $0^{fr},0265$.

Les frais d'exploitation, comprenant les frais de direction, d'ingénieur, de personnel, de réparations, d'entretien, d'administration; les frais de bureau divers, les assurances peuvent être estimés à 1000^{fr} par jour, c'est-à-dire 365000^{fr} par an.

Ce chiffre résulte de comparaison avec des usines existantes.

Quant aux frais d'amortissement annuel, nous les évaluerons en bloc à 6 pour 100 du capital total, ce qui nous donne 500000^{fr} par an en chiffres ronds.

Le total des frais généraux et de l'amortissement est donc annuellement de 865000^{fr}, soit, par kilowatt-heure, $0^{fr},03$.

En résumé, nos dépenses annuelles seront :

	fr
Huile et charbon	800 000
Frais généraux et d'exploitation....	365 000
Amortissement	500 000
Au total........	1665 000

Soit, par kilowatt-heure produit à l'usine :

$$\frac{1665\,000}{30\,000\,000} = 0,055$$

et, par kilowatt-heure vendu chez l'abonné :

$$\frac{1665\,000}{21\,000\,000} = 0,079.$$

La consommation en watts aux bornes des moteurs des abonnés, par cheval sur la poulie, est d'environ 950 watts pour un moteur de 1 cheval et diminue au fur et à mesure que la puissance augmente.

Pour des moteurs de 100 chevaux et au-dessus, la consommation de courant sera de 850 watts environ par cheval.

Nous prendrons une moyenne de 900 watts par cheval, c'est-à-dire que le prix de revient du cheval chez l'abonné sera de

$$0,079 \times \frac{900}{1000} = 0,071.$$

Comparaison de ce prix avec le prix du cheval produit dans les ateliers par machine a vapeur. — Nous prendrons comme comparaison des installations par machines à vapeur ponr des puissances de 100 chevaux et 500 chevaux actionnant un atelier.

Il est très important dans cette estimation de fixer un point que nous appellerons le *coefficient d'utilisation de la machine*, afin d'éviter une erreur que les industriels commettent souvent. On est en effet porté à considérer que la puissance produite en chevaux-heures par an est égale aux 3000 heures de travail annuel multipliés par la puissance normale de la machine. Or cela n'est pas exact, car le plus généralement la machine ne fonctionne pas constamment à pleine charge. Il faut donc multiplier le nombre de chevaux-heures, trouvés comme il est dit ci-dessus, par un certain coefficient qui sera précisément le coefficient d'utilisation de la machine.

Ce coefficient sera variable avec chaque genre d'industrie. Dans un atelier de tissage ou de filature, ce coefficient sera de 0,9 à 0,95. Dans un atelier de construction mécanique, il sera de 0,6 à à 0,7. Dans les exemples ci-dessous, nous avons pris ce coefficient égal à 0,8.

1er *Exemple :* Machine de 100 chevaux.

Prix d'achat (machine, chaudière, tuyauterie, fumisterie et bâtiment).... .... 30000^{fr}

Production annuelle en chevaux-heures :

3000 × 100 × 0,8 = 240000 chevaux-heures.

La consommation de charbon sera de 2^{kg} par cheval-heure effectif, c'est-à-dire :

240000 × 2 = 480 tonnes.

Les dépenses s'établiront comme suit :

Charbon, 480 tonnes à 20^{fr}	9600^{fr}
Mécanicien et l'entretien..........................	6000
Amortissement en 15 ans	2000
Total......	17600

Soit par cheval-heure :

$$\frac{17600}{240000} = 0,073.$$

2e *Exemple :* Machine de 500 chevaux.

Prix d'achat (machine, chaudière, tuyauterie, fumisterie et bâtiment).......................... 90000^{fr}

Production annuelle :

500 × 3000 × 0,8 = 1200000 chevaux-heures.

Consommation de charbon : $1^{kg},7$ par cheval-heure effectif, c'est-à-dire, en chiffres ronds, 2000 tonnes.

Les dépenses s'établissent comme suit :

Charbon, 2000 tonnes à 20^{fr}	40000^{fr}
Mécanicien, chauffeur et entretien	10000
Amortissement en 15 ans	6000
Total	56000

Soit, par cheval-heure :

$$\frac{56\,000}{1\,200\,000} = 0^{fr},047.$$

Pour permettre la comparaison totale avec l'énergie électrique, il faut ajouter que le cheval électrique et le cheval donné par les machines à vapeur ne sont pas disponibles dans les mêmes conditions. Le cheval électrique peut être employé directement par l'outil presque sans intermédiaire de transmission. La puissance donnée sur l'arbre de la machine à vapeur d'un atelier nécessite, pour être utilisée par les outils, de nombreuses transmissions. dont le rendement maximum est de 90 pour 100 et dont le prix d'installation et l'entretien sont suffisamment importants pour intervenir dans les prix de revient de cheval-heure que nous donnons plus haut.

Il semblerait résulter de ces comparaisons qu'il est impossible à l'usine centrale électrique de fournir le cheval-heure à un prix aussi réduit que celui obtenu par l'industriel installant lui-même une machine à vapeur. Cela n'est pas exact. Nous avons vu, dans l'étude de notre prix de revient du kilowatt-heure, que le prix du charbon est environ les $\frac{3}{7}$ de la dépense totale; les 4 autres septièmes sont constitués par l'amortissement et les frais généraux. Or, ces deux dernières dépenses sont fixes et indépendantes des kilowatts-heures produits. Donc, quand nous aurons vendu un certain nombre de kilowatts-heures à un prix suffisamment élevé pour que la différence entre ce prix de vente et le prix du charbon, nécessaire à leur production, paye les frais généraux et l'amortissement, les autres kilowatts-heures que nous vendrons ne coûteront plus que le prix du charbon, c'est-à-dire environ 0^{fr},03. Donc, tout ce que nous toucherons en plus de ces 0^{fr},03 constituera un bénéfice.

Considérations générales sur la tarification du courant. — Nous ne pouvons fixer ici d'une façon absolue les prix de vente du courant. Toutefois, nous basant sur les chiffres que nous avons établis, nous pouvons dire que la force sera vendue suivant une progression décroissante partant de 0^{fr},20 le kilowatt-heure pour des puissances de quelques chevaux, qui s'abaissera à 0^{fr},075 pour 100 chevaux et qui descendra jusqu'à 0^{fr},05 pour des abonnements de 500 chevaux et au-dessus.

En dehors de l'emploi du courant pour la force motrice il faut en prévoir la consommation pour l'éclairage.

Pas plus que les industriels ayant de puissantes installations à vapeur, il ne faut compter que les usines électriques des grands centres de la région du Nord délaisseront leurs installations pour prendre le courant que nous leur apporterons.

Il y a, en dehors de ces grands centres, des quantités de petites villes, de villages même, qui n'ont pas d'électricité et souvent pas de gaz. Or, à 0^{fr},60 le kilowatt-heure, la lampe de 10 bougies, brûlant 3000 heures par an, coûte en moyenne 0^{fr},07 par jour. L'éclairage électrique à ce taux devient accessible à tous, et ses avantages d'hygiène, de confort, de sécurité même, le feront adopter jusque dans les plus petits villages.

Est-ce à dire que l'exploitation de notre usine et de notre réseau devra comporter des relations avec les petits abonnés d'une ou deux lampes souvent aussi absorbants qu'un industriel auquel on fournit 100 chevaux? Notre grosse usine, dans la plupart des cas, vendra le courant en gros aux concessionnaires de l'éclairage des communes ou même aux municipalités elles-mêmes.

Si nous supposons que ces intermédiaires, qui garantiraient une consommation minimum annuelle déterminée, nous payent en gros le courant 0^{fr},30 le kilowatt-heure, la différence entre ce prix et celui de vente aux particuliers sera suffisante pour couvrir leurs frais d'exploitation extrêmement réduits ainsi que l'amortissement des réseaux secondaires et des transformateurs qu'ils auraient à installer. Il leur restera en outre, dans la plupart des cas, un bénéfice appréciable.

R. Lebon,

Ingénieur à la Société *L'Éclairage électrique*.

BREVETS RÉCENTS.

Prises de courant : *Bornes, boîtes de jonction :* Dow. USAP. 821029, 21 août 1905 (boîte de jonction). — General Electric Company. BP. 8067, 1905 (distributeur). — Hartung. BP. 26087, 1905 (boîte de jonction). — Helberger. USAP. 174187, 1er sept. 1905 (bouchons de contact étanches à l'eau et à la vapeur d'eau). — Krantz. USAP. 820211, 21 juillet 1903 (prise de courant à bouchon conique pour tableaux). — Kriéger et Brasier. BF. 365675, 26 avril 1906 (distributeur de courant à haute tension). — Millaur. BP. 18673, 1905 (bornes). — Neumann et Kepes. BF. 363681, 28 février 1906 (procédé pour la prise multiple de courants continus sur une ligne à haute tension). — Reader. BP. 12473, 1905 (boîte de jonction). — Sibley. USAP. 820321, 21 déc. 1903 (boîte de jonction). — Sibley et Lutz. BF. 365955, 7 mai 1906 (système de boîte de jonction pour conduits de canalisations électriques). — Tornberg. USAP. 822325, 3 nov. 1904 (contact à mercure). — Tourtel. BP. 13430, 1905 (distributeur).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS ÉLECTRIQUES.

Comparaison entre les moteurs diphasés et les moteurs triphasés. D'après un Mémoire présenté à la 23e réunion annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Milwaukee, 28-31 mai 1906, par BRADLEY MAC CORMICK (*Proceedings of A. I. E. E.*, t. XXV, p. 321-323).

Dans la construction des moteurs asynchrones, il est avantageux, au point de vue du prix de revient, d'adopter les mêmes dimensions de carcasse pour les moteurs diphasés et triphasés. Plusieurs questions se posent alors. Deux carcasses semblables étant données, quelles différences faut-il introduire entre l'enroulement diphasé et l'enroulement triphasé pour obtenir un bon fonctionnement? Si l'on attribue la même puissance aux deux machines, quelle différence y aura-t-il entre elles sous le rapport des pertes? Si on ne leur attribue pas la même puissance, de combien leurs puissances devront-elles différer?

On est conduit, pour répondre à ces questions, à comparer les caractères suivants dans ces deux types de machines :

1° La distribution des conducteurs dans les encoches, qui influe sur la tension; 2° La répartition du flux dans l'entrefer, dont l'étude sert à reconnaître si le flux réalisé s'approche plus ou moins du flux tournant parfaitement sinusoïdal; 3° La densité de courant dans le rotor et le stator; 4° Le facteur de dispersion magnétique.

Distribution des conducteurs. — Supposons les conducteurs répartis en quatre encoches par pôle et par phase et représentons par les vecteurs égaux OA, OB, OC, OD, faisant entre eux des angles égaux à α, la force électromotrice engendrée dans chaque encoche (*fig.* 1). OD′, résultante géométrique des vecteurs, est la tension résultante. Si tous les conducteurs étaient réunis en une seul encoche, la tension engendrée serait OA + OB + OC + OD au lieu de OD′. Remarquant que les polygones OAB′C′D′ et ABCDE sont semblables, posons

$$K = \frac{OD'}{OA + OB + OC + OD} = \frac{AE}{AB + BC + CD + DE}$$
$$= \frac{AE}{bP} = \frac{2V\sin\frac{1}{2}\alpha b}{2Vb\sin\frac{1}{2}\alpha} = \frac{\sin\frac{1}{2}\alpha b}{b\sin\frac{1}{2}\alpha}.$$

Dans cette expression, K est ce qu'on appelle le *facteur de distribution,* V la tension par encoche, b le nombre d'encoches par pôle et par phase.

La Table ci-dessous indique les valeurs du facteur de distribution pour les divers cas de la pratique :

Nombre d'encoches par pôles et par phase.	Valeurs de K. Triphasé.	Valeurs de K. Diphasé.
1	1	1
2	0,966	0,924
3	0,960	0,911
4	0,958	0,906
5	0,957	0,904
6	0,956	0,903
Infini	0,955	0,901

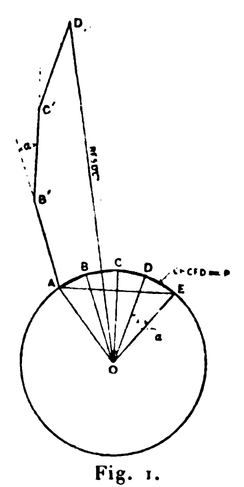


Fig. 1.

Appelons :

E la tension entre les phases;

Φ le flux par pôle;

N la fréquence en périodes par seconde;

a le nombre de conducteurs par pôle et par phase $= bs$;

b le nombre d'encoches par pôle et par phase;

s le nombre de conducteurs par encoche;

K le facteur de distribution;

p le nombre de pôles;

n le nombre de phases.

Le flux par pôle est donné par la relation

$$\Phi = \frac{10^8 E}{2,22 K p N a} \quad (^1);$$

(1) On a en effet

$$E_{moy} = 2 K p N a \Phi,$$
$$E_{max} = \frac{\pi}{2} E_{moy} = \pi K p N a \Phi,$$
$$E_{eff} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} K p N a \Phi = 2,22 K p N a \Phi.$$

d'où

$$a = \frac{10^8 E}{2,22\,K p N \Phi} = bs.$$

Comparons maintenant une machine diphasée et une machine triphasée ayant 12 encoches par pôle et supposons que la machine soit montée en étoile.

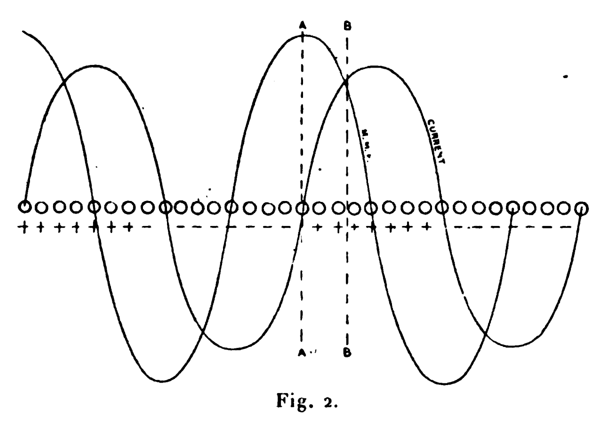


Fig. 2.

On a $b = 6$ pour le moteur diphasé, $b = 4$ pour le moteur triphasé. On a donc

Diphasé. Triphasé.

$$6s' = \frac{10^8 E}{2,22 p N \Phi\, 0,903}, \qquad 4s = \frac{10^8 E}{\sqrt{3}.2,22 p N \Phi\, 0,958},$$

$$\frac{s'}{s} = \frac{4}{6} \times \frac{\sqrt{3}.0,958}{0,903} = 1,225.$$

Donc, pour un même flux, un moteur diphasé devra avoir un nombre de conducteurs par encoche supérieur de 22,5 pour 100 au nombre correspondant pour un moteur triphasé monté en étoile.

Répartition du flux dans l'entrefer. — Supposons un enroulement comprenant n phases et a conducteurs par pôle et par phase. La répartition de l'intensité le long de l'enroulement suit la loi du sinus, de sorte que, si a et n sont grands, on peut représenter la valeur instantanée de l'intensité par la courbe de la figure 2. Considérons maintenant un groupe de conducteurs où les courants circulent dans le même direction, par exemple ceux désignés par le signe +. La force magnétomotrice en un point quelconque, tel que BB, est la différence entre les ampères-fils situés à droite et ceux situés à gauche de BB, mais dans le même groupe. On peut d'après cela tracer la courbe de la force magnétomotrice, en portant en ordonnées les ampères-tours par paire de pôles. En AA, la force magnétomotrice sera celle qui est due à la totalité des an conducteurs du groupe de droite, elle sera donc an fois la valeur moyenne de l'intensité dans ce groupe

$$an\left(I\sqrt{2} \times \frac{2}{\pi}\right) = 0,9anI.$$

Telle est la valeur théorique (en ampères-tours par paire de pôles) de la force magnétomotrice à son point maximum. Tous les champs tournants polyphasés approchent de ce maximum, d'autant plus près que a et n sont plus près d'être infinis.

Dans tous les cas de la pratique, la force magnétomotrice maxima peut s'exprimer par $0,9K'anI$, K' étant ce qu'on appelle le *facteur de répartition du flux*. En traçant les courbes de force magnétomotrice correspondant à divers cas de la pratique, on peut obtenir la loi de répartition du champ, qui permettra de calculer les valeurs de K' pour tous les cas; nous donnons, en note (¹), un exemple de son procédé.

On trouve ainsi que, dans les moteurs triphasés

(¹) La figure 3*a* représente la courbe de la force magnétomotrice due à un enroulement triphasé ayant six encoches

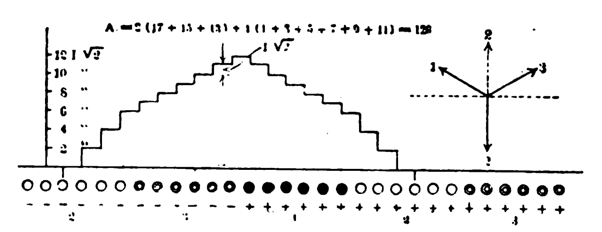


Fig. 3*a*.

par phase et par pôle, à l'instant où l'intensité dans la première et la troisième phase est égale à la moitié de l'intensité dans la seconde phase. La figure 3*b* représente cette

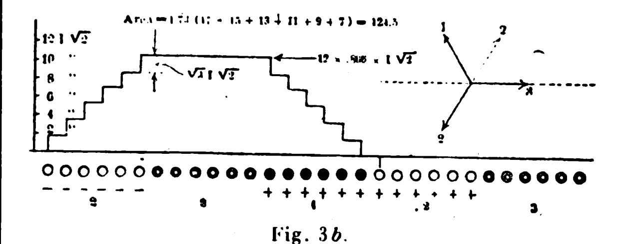


Fig. 3*b*.

courbe à un intervalle angulaire de 30° plus tard, quand l'intensité est nulle dans la troisième phase. On remarquera qu'il y a une notable inégalité entre les ordonnées maxima des deux courbes, bien que leurs surfaces soient peu différentes.

Surface limitée par la courbe de la figure 3*a* :

$$A = 2(17 + 15 + 13) + (1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11) = 126.$$

Surface limitée par la courbe de la figure 3*b* :

$$B = 1,73(17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7) = 124,5.$$

La moyenne de ces deux valeurs

$$\frac{A + B}{2} = 125,25.$$

Remplaçons ces courbes par une sinusoïde limitant une aire égale à la moyenne de A et de B; son ordonnée moyenne

ayant un nombre impair d'encoches par pôle et par phase (b impair), K' décroît constamment depuis la valeur 1,023 et tend vers une limite égale à 0,9569 pour b infini. Si b est pair, K' reste constamment égal à 0,9569. On trouve pour les moteurs diphasés des caractéristiques analogues, sauf que la limite de K' est 0,9.

Connaissant ainsi le maximum de la force magnétomotrice, représentée par une courbe sinusoïdale équivalente à la courbe réelle, on exprime le maximum de l'induction B :

$$B = \frac{\frac{4\pi}{10} \times 0,9 an I_0 K'}{2\Delta} = \frac{0,565 an I_0 K'}{\Delta}$$

et

$$\Phi = B\tau L \frac{2}{\pi} = \frac{2}{\pi}\tau L \times \frac{0,565 an I_0 K'}{\Delta}.$$

Dans ces formules :

I_0 est le courant magnétisant;

τ le pas polaire;

Δ l'épaisseur de l'entrefer en centimètres (toute la longueur du circuit magnétique étant exprimée en intervalle d'air);

L la longueur axiale de la machine;

B l'induction maxima dans l'entrefer.

De l'expression de Φ, on tire

$$I_0 = \frac{\pi\Phi}{2\tau L} \times \frac{\Delta}{0,565 na K'}.$$

Soit un moteur triphasé ayant quatre encoches par pôle et par phase, on a

$$I_0 = \frac{\pi\Phi}{2\tau L} \times \frac{\Delta}{0,565 \times 3a \times 0,9569} = \frac{\Phi\Delta}{1,03 a\tau L}.$$

Pour un moteur triphasé ayant six encoches par pôle et par phase, on a

$$I_0 = \frac{\pi\Phi}{2\tau L} \times \frac{\Delta}{0,565 \times 2a \times 0,9} = \frac{\Phi\Delta}{0,65 a\tau L}.$$

Dans le moteur triphasé, on a

$$a = s \times 4$$

et dans le moteur diphasé,

$$a = s \times 1,225 \times 6.$$

Remplaçant et effectuant le calcul, on trouve

$$I_0 (\text{triphasé}) = \frac{\Phi\Delta}{4,12\tau L s},$$

$$I_0 (\text{diphasé}) = \frac{\Phi\Delta}{4,77\tau L s}.$$

Le courant magnétisant, dans un moteur triphasé, est donc de 15 pour 100 environ plus intense que dans un moteur diphasé. Mais le courant de charge du moteur triphasé est $\frac{2}{\sqrt{3}}$ fois celui du moteur diphasé, c'est-à-dire de 15 pour 100 plus fort. Exprimé en fraction du courant de pleine charge, le courant magnétisant est donc le même dans les deux types de moteurs, le rendement apparent étant, bien entendu, supposé le même.

Densité de courant. — On a vu que pour une même valeur du flux il faut 1,22 fois plus de conducteurs dans le moteur diphasé que dans le moteur triphasé monté en étoile. Admettant un même encombrement pour les isolants dans les deux cas, la section totale du cuivre sera $\frac{1}{1,22}$ fois plus faible dans le moteur diphasé. Le courant dans cette machine étant $\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$ fois celui du moteur triphasé, la densité de courant dans le moteur diphasé est $0,866 \times \frac{1}{1,225} = 1,06$ fois la densité de courant dans le moteur triphasé La perte par effet Joule y est $(1,06)^2 = 1,123$ fois plus grande.

Dispersion magnétique. — La dispersion résulte de causes trop multiples pour qu'on puisse la comparer dans les moteurs diphasés et triphasés au moyen de formules mathématiques. Des essais effectués sur un grand nombre de machines ont montré que le coefficient de dispersion est de 20 à 30 pour 100 (25 pour 100 en moyenne) plus élevé dans les moteurs diphasés que dans les moteurs triphasés.

Résumé. — 1° Un moteur diphasé doit comprendre un nombre de conducteurs par encoche supérieur de 22 pour 100 à celui d'un moteur triphasé monté en étoile et construit pour la même tension et le même flux par pôle.

2° Exprimé en fraction du courant de pleine charge, le courant magnétisant a même valeur dans les moteurs diphasés et les moteurs triphasés.

3° La perte par effet Joule dans le moteur diphasé est de 12 pour 100 plus forte que dans le moteur triphasé.

---

sera

$$\frac{\frac{A+B}{2} I\sqrt{2}}{an}$$

et son ordonnée maxima

$$\frac{\frac{A+B}{2} I\sqrt{2}}{an} \frac{\pi}{2} = 0,9 an I K';$$

d'où

$$K' = \frac{A+B}{a^2 n^2} 1,2344$$

Pour six encoches par pôle et par phase, on a

$$K' = \frac{126 + 124,5}{6^2 \times 3^2} \times 1,2344 = 0,9569.$$

4° Le coefficient de dispersion est de 25 pour 100 plus élevé dans le moteur diphasé que dans le moteur triphasé.

On peut ajouter que, puisque le glissement est égal au rapport des pertes dans le cuivre du rotor à la puissance totale fournie au rotor, le glissement doit être plus élevé d'environ 20 pour 100 dans le moteur diphasé. C'est ce que vérifie l'expérience.

P. L.

Influence de l'emploi des pôles auxiliaires sur la construction des moteurs à courant continu. — D'après un Mémoire présenté à la 23e réunion annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Milwaukee, 28-31 mai 1906, par C.-H. BEDELL. (*Proceedings of A. I. E. E.*, t. XXV, p. 349-361).

Le moteur à courant continu du type normal, sans compoundage, ne permet pas un accroissement de vitesse de plus de 33 pour 100. Or les constructeurs de machines-outils réclament aujourd'hui des moteurs pouvant fonctionner à des vitesses de 100 à 500 pour 100 supérieures à la vitesse minima. Pour établir de telles machines, la principale difficulté qu'on rencontre est la production d'étincelles aux balais. En effet, la vitesse minima étant très faible, l'induit doit avoir un grand nombre de spires, aussi la self-induction de chacune de ses sections est élevée. D'autre part, à la grande vitesse, on ne peut

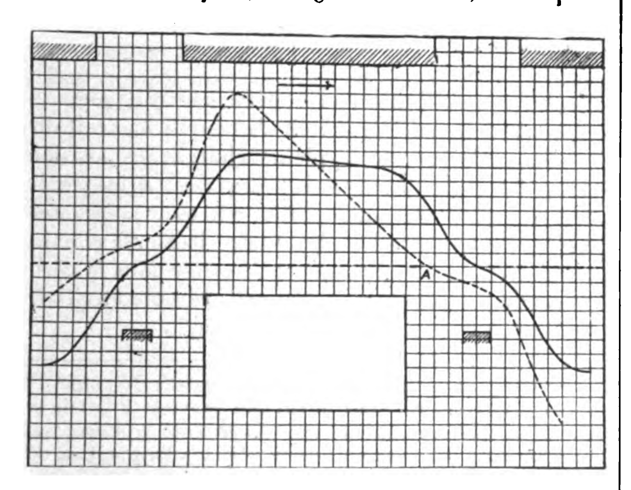


Fig. 1. — Courbes de répartition du champ dans un moteur de construction normale, 3 chevaux, 275 à 1100 tours par minute. Courbes prises à la grande vitesse.

recourir au flux issu de la corne polaire pour faciliter la commutation, car, le champ étant alors très affaibli, ce flux est à peu près réduit à zéro par la réaction d'induit. Même en établissant le moteur de façon à avoir un flux induit faible et un flux inducteur puissant, on ne peut éviter cet inconvénient et il ne faut compter que sur les propriétés des balais de charbon pour empêcher les étincelles. C'est ce que montrent les courbes de la figure 1, représentant la distribution du flux dans l'entrefer d'un moteur normal, à induit faible et inducteur puissant, établi pour une variation de vitesse de 275 à 1100 tours par minute. Les deux courbes se rapportent à la grande vitesse, la courbe en trait plein correspondant à la marche à vide, celle en trait discontinu à la marche à pleine charge. Cette dernière montre que le champ résultant s'annule au point A, situé sous la corne polaire, tandis qu'un peu plus loin, sous le balai, le champ résultant est de signe contraire au champ inducteur. Le décalage des balais ne servirait de rien, car le point A se déplacerait en même temps qu'eux.

Aux vitesses inférieures au maximum, le flux issu de la corne polaire peut servir à faciliter la commutation, mais à condition de modifier le calage des balais suivant la charge, le champ de commutation devant s'affaiblir à mesure que la charge diminue.

Pour obtenir une parfaite commutation dans un moteur à vitesse variable, il faut donc y réaliser un champ de commutation énergique et variant dans le même sens que la charge. Il doit donc être indépendant du champ inducteur principal.

C'est pour réaliser ces conditions qu'on a imaginé les pôles auxiliaires, par lesquels on a réussi à éviter les étincelles et en même temps à réduire les dimensions du moteur. De petits pôles auxiliaires sont placés entre les pôles inducteurs; leurs pièces polaires recouvrent la région de commutation. Leur enroulement est en série avec l'induit. On réalise ainsi un champ de commutation puissant à forte charge et faible à faible charge. La saturation du noyau du pôle auxiliaire, qui interviendrait pour limiter l'accroissement du champ, ne se produit, dans la pratique, que pour une surcharge de 100 pour 100, c'est-à-dire qu'elle n'est jamais atteinte dans les conditions normales de fonctionnement. La courbe de magnétisme du pôle auxiliaire n'étant pas une droite, on pourrait craindre que le champ de commutation ne soit pas suffisamment proportionnel au courant dans l'induit, mais les propriétés des balais de charbon permettent de s'écarter beaucoup de cette proportionnalité.

La figure 2 représente la disposition générale des pôles

Dans les moteurs de construction normale, il est nécessaire de déplacer les balais pour changer le sens de marche. Avec les pôles auxiliaires, la commutation a lieu sous le milieu de la pièce polaire auxiliaire, c'est-à-dire sur la ligne neutre. Quand on veut changer le sens de marche, le renversement du courant dans l'induit intervertit la polarité des

pôles auxiliaires et le champ de commutation change de signe. On n'a donc pas à déplacer les balais.

L'enroulement des pôles auxiliaires comprend beaucoup plus d'ampères-tours que celui de l'induit.

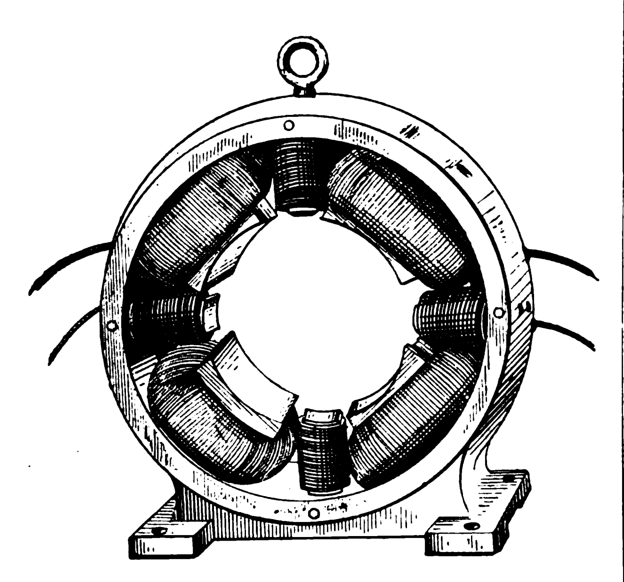


Fig. 2. — Carcasse d'un moteur à pôles auxiliaires.

Ainsi, quel que soit le sens du courant, le flux auxiliaire est toujours plus puissant que celui de l'induit, de sorte que le champ de commutation a toujours

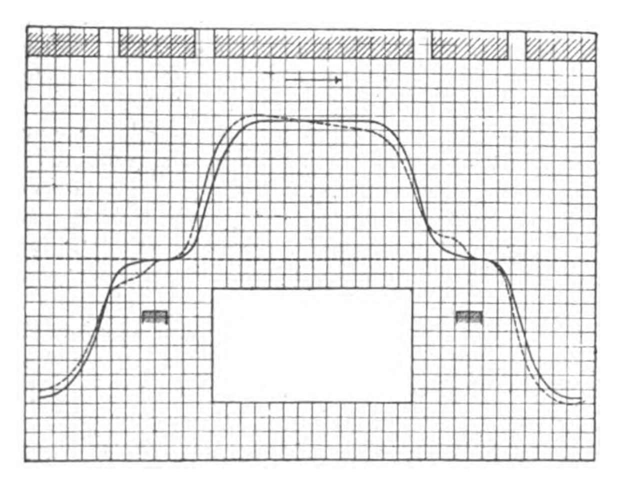


Fig. 3. — Courbes de répartition du champ dans un moteur à pôles auxiliaires, 5 chevaux, 275 à 1100 tours par minute. Courbes prises à faible vitesse.

le sens voulu. La machine peut donc fonctionner soit comme moteur à sens de marche réversible, soit comme génératrice, sans qu'on ait à décaler les balais ni à modifier aucune connexion entre l'induit et les pôles auxiliaires [1].

Pour montrer la distribution du champ dans un moteur à pôles auxiliaires, on a relevé les voltages entre les lames voisines du collecteur au moyen de balais d'épreuve. L'essai a été fait à faible et grande vitesse sur un moteur de 5 chevaux, 275-1100 tours par minute. La figure 3 représente les courbes à faible vitesse, la figure 4 les courbes à grande vitesse.

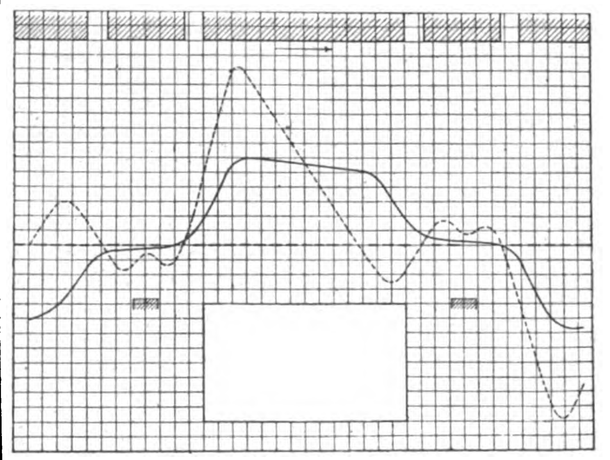


Fig. 4. — Courbes de répartition du champ dans un moteur à pôles auxiliaires, 5 chevaux, 275 à 1100 tours par minute. Courbes prises à la grande vitesse.

Dans l'une et l'autre, la courbe en trait plein se rapporte à la marche à vide, la courbe en trait discontinu à la marche à pleine charge; les positions des pôles et des balais sont indiquées par les parties ombrées. On voit qu'à faible vitesse, la réaction d'induit est très faible. A grande vitesse, la réaction est si forte que le champ est renversé sous la corne de sortie du pôle inducteur, mais le pôle auxiliaire le ramène dans le sens convenable [2].

(1) On peut se demander si, pour une charge donnée, la même excitation des pôles auxiliaires convient à la fois aux faibles et aux grandes vitesses. L'expérience a prouvé qu'il en était ainsi. L'induction due au pôle auxiliaire est en effet la même pour une charge donnée, quelle que soit la vitesse de rotation, mais la force électromotrice engendrée par cette induction est proportionnelle à la vitesse. La force électromotrice de commutation est ainsi très élevée pour l'inversion très rapide de courant qui a lieu aux grandes vitesses, et plus faible aux vitesses moindres, alors que l'inversion du courant est aussi plus lente.

(2) Dans les essais de ce genre, les indications du voltmètre sont proportionnelles à l'intensité du champ dans la région considérée, sauf dans le voisinage immédiat du balai. En ce point, la force électromotrice de self-induction, due au renversement du courant dans la section en court-circuit, fait que la tension entre les balais d'épreuve n'est pas proportionnelle au champ magnétique. Les deux forces électro-



Dans la construction ordinaire, il est nécessaire, pour que le champ s'épanouisse sous la corne polaire, de chanfreiner fortement celle-ci, surtout si les dents du noyau induit sont larges. On diminue par là la surface de la pièce polaire, ce qui tend à accroître la vitesse du moteur. Avec l'emploi du pôle auxiliaire, il suffit de chanfreiner le pôle inducteur dans la mesure nécessaire pour empêcher les vibrations des dents de l'armature.

Ce mode de construction permet aussi d'augmenter autant qu'on veut les ampères-tours par centimètre de la circonférence de l'induit et de diminuer l'entrefer, tandis que dans la construction ordinaire on est limité à ces deux points de vue par la production des étincelles. D'où une réduction des dimensions pour une puissance utile donnée.

Dans les moteurs à pôles auxiliaires, il y a moins de fer et plus de cuivre que dans les moteurs ordinaires; les pertes par hystérésis et courants de Foucault y sont donc moindres, les pertes par effet Joule plus fortes. Le rendement à pleine charge est sensiblement le même que dans le moteur normal, mais aux faibles charges le rendement est meilleur.

En résumé, on obtient par l'emploi des pôles auxiliaires les avantages suivants (que la machine soit réceptrice ou génératrice) :

Un champ de commutation puissant, indépendant du champ inducteur principal contribue, avec le balai de charbon, à empêcher la production d'étincelles.

L'intensité du champ de commutation est proportionnelle au courant dans l'induit.

Les balais sont calés sur la ligne neutre, ce qui permet de changer le sens de marche et de faire fonctionner la machine comme réceptrice ou génératrice, sans avoir à toucher aux balais.

On peut admettre un grand nombre d'ampères-tours par centimètre de la circonférence de l'induit, et un entrefer étroit, d'où une meilleure utilisation des matériaux.

Le rendement est meilleur pour une charge moyenne que dans les moteurs ordinaires. P. L.

BREVETS RÉCENTS.

Machines et appareils : — MESSTERS PROJECTION, GAUMONT et Cie. BF. 362251, 8 janv. 1906 (dispositif pour le fonctionnement en synchronisme de cinématographes et phonographes combinés). — OTIS ELEVATOR Co. BP. 20951, 1905 (ascenseurs électriques). — PARKER. USAP. 814314, 23 avril 1904 (fermeture pour volets et avertisseur d'effraction). — PORTER. USAP. 815557, 11 juil. 1904 (avertisseur pour couveuses). — RATEAU et SAULTER. USAP. 812878, 17 août 1903 (régulateur de turbine à eau). — REICHEL. DRP. 170187, 24 juin 1905 (montage des ventilateurs électriques servant au refroidissement des moteurs). — RENDER. BP. 26434, 1904 (fusée). — SEVERIN. USAP. 814878, 24 nov. 1900 (instrument de musique électrique). — SHOECRAFT. USAP. 816259, 9 nov. 1905 (poste sémaphorique). — SMITH. USAP. 813119, 4 janvier 1905 (serrure manœuvrée par un électro-aimant). — TAYLOR. USAP. 812776, 13 mai 1905 (avertisseur d'incendie). — THOMPSON. USAP. 815314, 3 août 1905 (aiguille de chemins de fer). — THOMAS. USAP. 815490, 1er nov. 1905 (fusil électrique). — VERA (Angel) et VERA (Luis). USAP. 813184, 26 nov. 1904 (relais). — WUNDERLICH. BP. 10728, 1905 (appareil avertisseur d'incendie). — VEYMOUTH. BP. 6370, 1905 (ascenseurs électriques).

Signaux : BERRY. USAP. 816000, 3 janvier 1905. — CHAUVIN ET ARNOUX. BP. 362458, 16 janvier 1906 (balance différentielle de voltage pour signaux). — FRETTS. USAP. 813638, 13 mai 1905. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 7417, 7422 et 8027, 1905 (block-système et signaux). — GRIFFITH. USAP. 813882 et 814535, 5 nov. et 28 oct. 1904. — HAWLEY. USAP. 813419 et 813426, 15 déc. 1903 et 17 février 1902 (système de signaux sélectionnés). — JOHNSTON. USAP. 813898, 25 avril 1905 (signaux de chemins de fer). — JOHNSON. USAP. 816014, 5 déc. 1892, renouvelé le 8 février 1906 (signaux pour croisements de tramways). — LACROIX. USAP. 814302 et 814303, 29 août 1904 et 31 janvier 1905 (signal pour chemins de fer). — LANE. USAP. 815961, 2 juin 1905 (signal pour chemin de fer). — LEOD (MAC). USAP. 813840, 10 avril 1902 (rail isolé pour signaux). — LOMAX et TOMLINSON. BP. 3867, 1905. — MITCHELL. USAP. 812433, 8 août 1903 (signaux pour chemins de fer). — MOTT. USAP. 813919, 26 juin 1905 (signaux pour chemins de fer). — NELSON. USAP. 813662, 11 mai 1905. — ROWE. USAP. 812597, 22 fév. 1905 (signal pour chemins de fer). — TATUM. USAP. 815131, 2 juin 1905. — TOWSEND. BP. 1951, 1905 (signaux automatiques). — WOODING. USAP. 815315, 10 nov. 1904 (signal pour chemins de fer). — YOUNG. BP. 2175, 1904; USAP. 815890 et 815891, 18 oct. 1904.

Contrôleurs : BACON. BP. 22939, 1905. — CASE. USAP. 822345, 25 janvier 1904 (contrôleur pour moteur à courant alternatif). — CUTLER. USAP. 821021, 10 mai 1902. — DAUS. USAP. 819738, 17 mars 1905. — DAWSON AND HORNE. BP. 16724, 1905. — DUBOIS. USAP. 824237, 20 janv. 1906. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 10892, 11836 et 18846, 1905. — HILL. USAP. 822275, 17 nov. 1904. — HOLMES et AUTRES. BP. 27242, 1905. — IHLDER. USAP. 820498 et 820499, 16 février et 13 mars 1905 (contrôleur pour élévateur). — IMESON. BP. 24183, 1905; BF. 365016, 7 avril 1906 (doigt de contact pour contrôleurs). — KRIÉGER. BP. 25171, 1905. — KROHN. USAP. 822282, 25 janv. 1904. — KROTZ. USAP. 820504, 4 nov. 1904. — LIMM. USAP. 819563, 1er mars 1902. — LOCKE. USAP. 822223, 6 avril 1905 (contrôleur pour compresseur d'air). — MAGNUSON. USAP. 816804, 816805, 816930 et 816931, 18 janv., 13 et 14 juin et 16 nov. 1905. — MILCH. USAP. 819571 et 819572, 15 janv. et 9 sept. 1904 (contrôleur de moteur à courant alternatif; moteur et démarreur). — RAWORTH. BP. 14630, 1905. — RICHARDS. USAP. 821672, 821673 et 821747, 9 et 21 mars 1904, 2 juillet 1903 et 20 janv. 1904 (contrôleur automatique pour compresseur d'air). — SOCIÉTÉ L'ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE. BF. 364938, 9 janv. 1906 (appareil de manœuvre pour moteur électrique). — TITUS. USAP. 821768, 11 avril 1904. — WARREN. USAP. 824223, 25 oct. 1905 (signal lumineux indiquant une fausse manœuvre d'un contrôleur). — WESTINGHOUSE (SOCIÉTÉ ANONYME). BF. 363736, 28 février 1906 (système de connexions pour moteurs à courant continu); 365165, 11 avril 1906 (contrôleurs pour moteurs électriques. — ZWEIGBERG. BP. 8913, 1905; USAP. 817031, 15 mai 1903.

---

motrices s'opposent l'une à l'autre, d'où la dépression qu'on observe sur la courbe en ce point. Il est probable que le champ est sensiblement uniforme sous la pièce polaire auxiliaire.

MESURES.

MESURE DES HAUTES TEMPÉRATURES.

Pyromètres thermo-électriques industriels Chauvin et Arnoux; par Pillier (Communication faite à la Société internationale des Électriciens le 4 avril). — Les nouveaux groupes d'appareils pour la mesure des températures élevées que nous présentons ont été étudiés dans le but d'utiliser des galvanomètres et des couples thermo-électriques robustes, pouvant être mis entre les mains des ouvriers.

De toutes les méthodes précises employées pour la mesure des températures, la plus simple est celle proposée par M. Le Chatelier: il suffit, en effet, de plonger une extrémité d'un couple thermo-électrique dans une enceinte à mesurer pour qu'un galvanomètre branché à l'autre extrémité donne directement des lectures en température.

On a eu recours, jusqu'ici, à l'emploi de galvanomètres à suspension, instruments délicats et de transport difficile, leur emploi étant rendu nécessaire par la faiblesse de la force électromotrice développée par le couple aux plus hautes températures.

Pour exemple, il suffit de rappeler que le couple fer-constantan, un de ceux dont le pouvoir thermo-électrique est le plus élevé, ne donne que 55 millivolts environ pour une différence de température de 1000° entre ses extrémités.

Galvanomètre. — La solution de la maison Chauvin et Arnoux consiste à employer les galvanomètres à pivots,

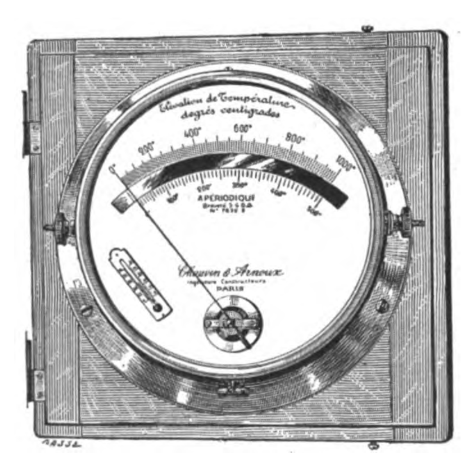


Fig. 1.

de son type apériodique à cadre mobile (*fig.* 1) donnant la déviation totale pour une force électromotrice E, très faible à ses bornes, galvanomètre d'une résistance intérieure R suffisamment faible pour que la puissance $\frac{E^2}{R}$ dépensée dans le galvanomètre assure justement cette déviation totale.

La sensibilité de cet appareil est due à l'emploi d'un champ magnétique très intense dans lequel se déplace le cadre mobile et l'apériodicité est due au déplacement dans ce même champ magnétique d'un amortisseur électromagnétique entourant le cadre mobile.

L'aimant est muni d'un shunt magnétique permettant un réglage particulier, dont il sera parlé plus bas.

Quant à la faible résistance du circuit galvanométrique, elle est obtenue grâce au mode de construction du cadre mobile: l'enroulement en très gros fil est maintenu entre deux bagues du cuivre Elmore formant amortisseur, les spiraux sont en bronze de haute conductibilité.

Canne 1000°. — La faible résistance du circuit galvanométrique conduit à donner au couple une résistance de même ordre.

Cette circonstance est heureuse, car elle va permettre l'emploi d'un couple au fer pour les températures

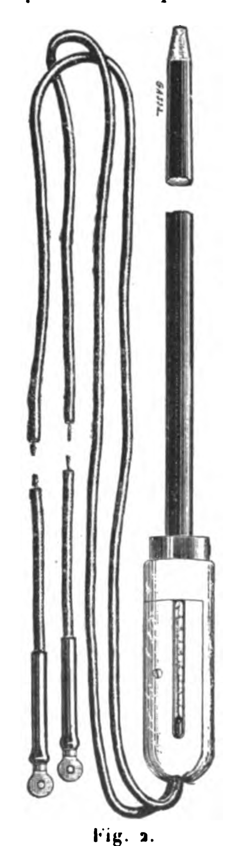


Fig. 2.

élevées: le fer, le palladium, le nickel et leurs alliages ont jusqu'ici été rejetés comme impropres à la mesure des températures élevées, parce que chauffés en certains de leurs points ils donnaient des courants parasites;

cependant le fer ne donne pas d'irrégularités sensibles au galvanomètre lorsqu'il est employé en masses dont l'homogénéité est suffisante et dont la résistance électrique est négligeable dans la résistance totale du circuit.

Il est vrai que cette disposition fait perdre l'avantage de la petitesse du corps thermométrique; mais ce qui serait un obstacle pour certains essais de laboratoire n'en est pas un dans la pratique, car on agit toujours sur des foyers vastes ou des masses considérables.

La canne pyrométrique de 0° à 1000° (*fig.* 2) se compose d'un tube de fer de 14^{mm} de diamètre extérieur, à parois épaisses, à l'intérieur duquel un fil d'alliage de cuivre, nickel et manganèse, que nous appellerons alliage CA, est tendu et isolé à l'amiante.

La poignée porte les connexions des extrémités du fer et de l'alliage, constituant l'extrémité froide du couple.

La soudure des couples thermo-électriques est un point particulièrement important, car la moindre variation de la valeur de résistance au contact peut amener des perturbations dans le fonctionnement de l'appareil. MM. Chauvin et Arnoux sont parvenus cependant à obtenir la soudure parfaite du fer et du fil par la soudure électrique en atmosphère réductrice, sans employer aucune brasure.

La coupe de l'extrémité du couple est une preuve de l'excellence de la jonction.

L'emploi de cette canne est simple: l'extrémité du couple étant plongée dans l'enceinte dont on veut connaître la température et les deux connexions de l'extrémité froide reliées au galvanomètre par deux cordons souples, on lit sur le galvanomètre gradué en élévation de température l'indication de l'aiguille.

L'appareil étant gradué en élévation de température, on ajoute la valeur de la température de la soudure froide lue sur le thermomètre que porte la poignée du couple, pour avoir la température en valeur absolue.

Canne 1600°. — La canne de fer alliage CA, dont l'emploi jusqu'aux températures voisines de 1000° est permis grâce à la protection du fil d'alliage par le tube de fer, ne peut pas être employée pour les températures supérieures et, dans ces cas, l'emploi des couples au platine étudiés par M. Le Chatelier s'impose. Mais ici on se heurte à deux causes tendant à prohiber leur emploi avec le type de galvanomètre précédemment décrit.

En premier lieu, l'obligation d'employer des couples de forte section conduit à un prix exagéré.

En second lieu, la force électromotrice maximum dont on dispose, même en employant le couple platine-platine iridié à 25 pour 100, est de 30 millivolts, ce qui conduit à l'emploi de couples d'autant moins résistants et partant de plus grosse section.

Un type de canne jouissant des mêmes avantages que la précédente a été construit et établi par MM. Chauvin et Arnoux de façon à ne comporter qu'une faible longueur de fil de platine de gros diamètre, ce qui réunit l'avantage d'un prix peu élevé à celui d'une résistance considérable aux actions corrosives.

Cette disposition consiste à mesurer la différence de température en deux fois.

Le couple au platine est relié en série avec un couple de fer et alliage CA, dont la soudure chaude est placée au même point que l'extrémité froide du couple au platine (*fig.* 3).

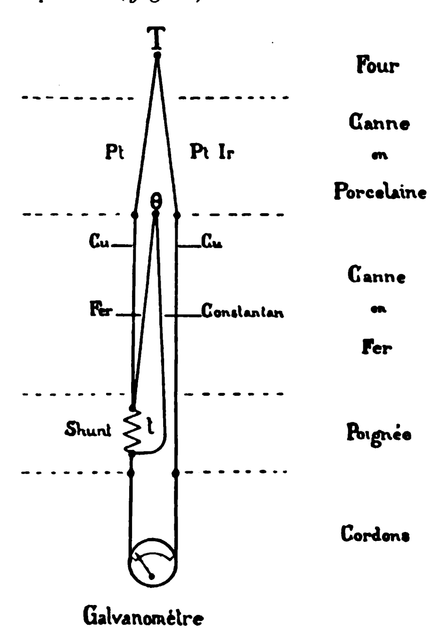


Fig. 3.

Comme ce dernier couple donne une force électromotrice beaucoup plus élevée que le couple au platine, on le shunte de façon à avoir la même différence de potentiel aux extrémités du shunt, pour une même différence de température.

Ce shuntage réduit la résistance totale et permet l'emploi de cannes de grande longueur.

Il est aisé de voir qu'avec cette disposition la force électromotrice qui fait dévier le galvanomètre provient de deux sources :

1° Le couple au platine qui donne une force électromotrice

$$e = f(T - \theta);$$

2° Le couple fer-constantan pour lequel on a :

$$e' = f'(\theta - t),$$

T étant la température à mesurer;

θ la température commune à la soudure froide du couple au platine et à la soudure chaude du couple fer alliage CA;

t la température extérieure.

Il est possible d'obtenir un couple fer et alliage voisin du constantan qui, une fois shunté, donne une courbe exactement superposable à celle du couple au platine pour les températures comprises entre t et θ, de sorte que finalement on obtient le même résultat qu'avec un couple au platine, ayant toute la longueur de la canne et qui donnerait une force électromotrice

$$E = e + e' = f(T - t).$$

Il est intéressant de signaler, pour la rigueur de ce qui précède, que la valeur de la résistance R_2 du shunt du couple de compensation dépend uniquement de la résistance R_1 de ce couple et du rapport k de leurs pouvoirs thermo-électriques qui sont des constantes, et reste indépendante des variations de résistance du circuit extérieur.

Il suffit, en effet, d'écrire les trois équations de Kirchhoff pour les deux circuits formés par chacun des couples et d'écrire que l'intensité traversant le galvanomètre est la même que dans le cas d'un couple unique au platine pour trouver la condition

$$e'[R_1 + R_2(1 - k)] = 0,$$

e' étant la force électromotrice pour une élévation $\theta - t$ du couple au platine.

Si $e' = 0$ la condition est évidente.

Si $e' \neq 0$ on a $R_2 = \frac{R_1}{k-1}$, qui justifie l'énoncé précédent.

Description. — L'un des fils passe au travers d'un tube en porcelaine Marquardt et l'ensemble des deux



Fig. 4.

fils et de ce tube est recouvert par un deuxième tube beaucoup plus large, fermé par le bout et portant une embase à la partie inférieure. Cette embase est serrée sur une pièce en fonte par l'intermédiaire de rondelles d'amiante et d'un écrou en fer (*fig.* 4).

Un tube de fer, fermé, qui vient se monter sur la pièce en fonte, du même côté que les tubes en porcelaine, permet de protéger le couple et la porcelaine pour le transport et les mesures aux températures moyennes.

De l'autre côté de la pièce en fonte est vissé un tube de fer de 80cm de long, qui aboutit à la poignée. A l'intérieur de ce tube passent deux fils de cuivre guipés d'amiante, brasés au couple au platine et un fil d'alliage CA brasé au tube de fer à la hauteur de l'extrémité froide du couple au platine.

Ces trois fils viennent se relier aux trois barrettes en cuivre fixées dans la poignée. Le tube en fer est vissé sur la poignée par l'intermédiaire d'une pièce en cuivre reliée d'une part directement à un des fils provenant du couple au platine et de l'autre au fil d'alliage CA par l'intermédiaire d'une résistance servant de shunt.

La poignée porte un thermomètre qui donne la température de la soudure froide du couple de compensation.

Cette température doit être ajoutée à celle lue sur le cadran pour avoir la température exacte à l'extrémité.

Enfin, de la poignée partent deux fils qui se rendent au galvanomètre gradué en élévation de température.

Le manchon en fer qui se visse à l'extrémité supérieure doit être conservé toutes les fois que la température n'est pas trop élevée : il protège la porcelaine contre les chocs et les variations de température trop brusques.

Lorsque la température est trop élevée, on enlève le manchon en fer. Il faut avoir alors la précaution de chauffer lentement la porcelaine avant de l'introduire dans l'enceinte à haute température.

Cette canne peut servir à la mesure des températures de coulées pour lesquelles il est nécessaire d'avoir une température bien déterminée. Le creuset étant sorti du four, on y plonge la canne et on laisse la température descendre jusqu'à la valeur jugée nécessaire pour la coulée.

Elle sert aussi avantageusement dans tous les cas où il suffit de plonger une faible longueur de canne dans l'enceinte à haute température, mais il est utile dans ce cas d'obturer complètement l'orifice pratiqué dans la paroi pour l'introduction du couple, de façon à éviter l'appel d'air froid le long de la canne.

Une solution assez simple lorsqu'on fait cette expérience sur le ciel du four est d'introduire un creuset dans un orifice pratiqué dans la paroi. La canne placée alors dans ce creuset est entourée de magnésie.

Ce modèle de canne robuste et industriel peut, sans crainte, être mis dans les mains de contremaîtres ou d'ouvriers, la manipulation très simple ne nécessitant aucune connaissance spéciale. Il trouve son application dans toutes les industries qui emploient des fours à haute température, telles que les aciéries, foyers, fonderies, ateliers de coulage et de trempe, porcelaineries, fabrique de produits chimiques, etc.

Le gros diamètre de fil de platine employé assure à l'appareil une résistance très grande aux actions mécaniques et aux actions chimiques et permet un long usage de l'appareil sans détérioration.

Corrections. — 1° L'emploi de pyromètres ainsi conçus se heurtait à un assez gros inconvénient dans la pratique.

Une partie importante de la résistance est représentée par le cadre galvanométrique, les spiraux et les connexions en fil de cuivre. Ces résistances variant avec la température entraînent pour la résistance totale du circuit une variation voisine de $\frac{1}{400}$ de sa valeur, pour une élévation de 1° de la température ambiante. Les galvanomètres étant étalonnés à 15° et pouvant être appelés à fonctionner dans des conditions de température extrêmement variable, il est nécessaire d'apporter une correction aux lectures.

Cette correction est obtenue immédiatement par l'emploi d'un shunt magnétique réglable, ci-dessous décrit :

La déviation D du galvanomètre est proportionnelle au produit des flux de l'aimant F et du cadre mobile f,

$$D = kFf.$$

Or, f est proportionnel à la force électromotrice e à mesurer et inversement proportionnel à la résistance du circuit.

Si R_{15} est la résistance à 15° et α le coefficient de température du circuit et t la valeur de la température ambiante

$$f = K' \frac{e}{R_{15}[1 + \alpha(t - 15)]},$$

et

$$D = KK' \frac{e}{R_{15}[1 + \alpha(t - 15)]} F.$$

F ne variant pas dans les limites de température on voit que, pour avoir une même déviation pour une même force électromotrice e, il suffit de faire varier le flux F proportionnellement à la variation de résistance du circuit.

On fait varier la valeur du flux magnétique à travers le cadre par l'emploi d'une plaquette de fer doux qu'on approche plus ou moins des pôles de l'aimant.

Son mouvement est commandé par une vis à tambour divisé en degrés centigrades, il suffit de lire la température sur le thermomètre placé sur le cadran et d'amener le tambour vis-à-vis du repère correspondant pour obtenir une correction parfaite.

2° Enfin, reste la variation de résistance du couple avec la température. Suivant qu'une longueur plus ou moins grande du couple est plongée dans le foyer les indications du galvanomètre tendent à varier du fait de la variation de la résistance totale.

En ce qui concerne la canne à 1000°, il suffit de rappeler que la résistance du fer est pour environ $\frac{1}{10000}$ de la résistance totale et que l'alliage CA a un coefficient de température sensiblement nul.

Quant au double couple pour 1600°, celui de compensation ne varie pas avec la température. Reste le couple au platine dont la résistance varie.

Si la totalité du couple est à la même température, la graduation tient compte de sa variation de résistance, mais la longueur du couple plongée dans l'enceinte peut varier et la résistance dépend de la température de ses différents points.

On suppose, en graduant l'appareil, que l'ensemble du couple au platine est à une température moitié de ses extrémités.

La résistance du couple représentant environ $\frac{1}{20}$ de la résistance totale, l'erreur ne porte que sur cette fraction et l'appareil ainsi gradué ne donne de ce fait qu'une erreur maximum de l'ordre de 1 pour 100 dans les cas les plus défavorables.

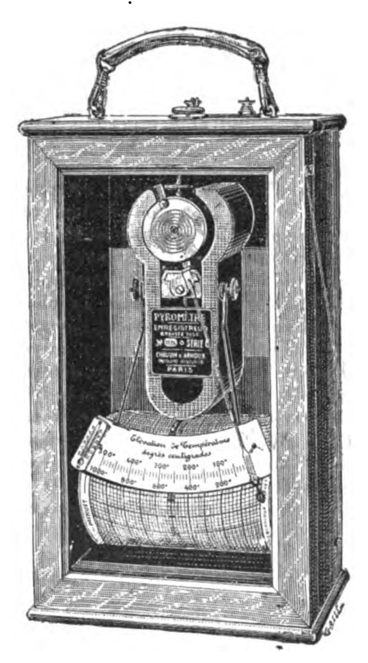


Fig. 5.

Modèle enregistreur. — Pour terminer, nous devons dire que le modèle rendu enregistreur a été réalisé en employant un enroulement en lames sur le cadre galvanométrique.

L'enregistreur est du type de tableau de distribution, modèle apériodique à cadre mobile muni d'une plume molette traçant le diagramme par roulement (*fig.* 5).

Le couple se présente sous le même aspect extérieur, seul le fil intérieur a été augmenté de section.

Modèle avertisseur. — Enfin, le couple antagoniste dont la valeur dans les appareils à cadran atteint de 500 à 5000 fois celle des galvanomètres sensibles est suffisant pour assurer le fonctionnement d'un signal d'alarme par un simple contact donné par l'aiguille indicatrice sans recourir à l'emploi de relais.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Contribution à l'étude des diélectriques liquides, par GOURÉ DE VILLEMONTÉE (Communication faite à la séance de la Société de Physique du 16 février). — L'auteur rend compte d'expériences faites sur les diélectriques liquides en vue de rechercher : 1° l'influence de la durée de charge; 2° l'état électrique de la masse après la charge.

Les premières recherches faites avec le pétrole ont montré la différence entre l'effet de l'air et celui des diélectriques liquides, l'influence prépondérante du temps et la marche générale du phénomène. Un second ensemble d'expériences a été entrepris avec l'huile de paraffine. M. Gouré de Villemontée rend compte des expériences faites avec ce dernier liquide.

Un condensateur cylindrique rempli d'huile de paraffine a été chargé avec une pile d'éléments Gouy. Trois séries d'expériences ont été faites :

Dans la première l'armature externe est portée au potentiel V, l'armature interne est au sol pendant un temps t, puis on établit brusquement les communications de l'armature interne avec l'électromètre et de l'armature externe avec le sol et l'on mesure la charge Q_t de l'armature interne.

Dans la deuxième série on mesure la charge prise par l'armature interne lorsqu'on maintient l'armature externe à un potentiel donné et l'armature interne en communication avec un électromètre pendant un temps déterminé.

Dans la troisième série on a cherché si le diélectrique était chargé dans sa masse, après une durée de charge déterminée.

Les charges ont été évaluées par la quantité d'électricité qu'il faut dégager sur un quartz piézo-électrique, soit pour produire une déviation égale à celle que détermine la charge de l'armature considérée, soit pour compenser la charge primitive (méthode de zéro).

Première série. — Les durées de charge ont été comprises entre 0,0042 seconde et 30 minutes; le potentiel de charge a été 19,46 volts; la température comprise entre 21° et 24°,6.

On a trouvé : 1° Le signe de la charge de l'armature interne est contraire au signe de la charge de l'armature externe;

2° En désignant par i le quotient $\frac{dQ_t}{dt}$, par V le potentiel de charge, par k et n deux constantes, on voit que les expériences sont résumées par la formule

$$\frac{i}{V} = kt^{-n}.$$

Deuxième série. — 1° La charge de l'armature interne est de même signe que la charge de l'armature externe.

2° Loi des forces électromotrices. Les potentiels de charge ont été variés de 1,39 volt à 19,46 volts; les durées de charge ont été portées de 30 secondes à 27 minutes. Il résulte des expériences que les quantités d'électricité mesurées sur l'armature interne, après des temps de charge égaux, sont proportionnelles aux potentiels de charge.

3° Variations des charges avec les durées de charge : les durées de charge ont été de 0,0042 seconde à 27 minutes; le potentiel de charge a été 8,34 volts; la température comprise entre 15° et 20°. Les résultats sont représentés par des courbes.

Troisième série. — En faisant écouler par le jeu d'un levier dans un cylindre relié à un électromètre l'huile de paraffine d'un condensateur chargé à 19,45 volts pendant 4 à 10 minutes, on ne trouve aucune charge appréciable dans le liquide.

M. Gouré de Villemontée rapproche ensuite les résultats précédents de ceux qui ont été obtenus par M. J. Curie dans ses recherches sur la conductibilité des corps cristallisés (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVII et XVIII) et met en parallèle les courbes obtenues avec l'huile de paraffine et les courbes obtenues avec le quartz et montre que la propagation des charges électriques à travers l'huile de paraffine est comparable à la propagation des charges électriques à travers le quartz.

Une analogie semblable a été signalée par Hertz (*Wiedemann's Annalen*, t. XX, 1883, p. 279) entre les propriétés de la benzine et des cristaux.

Sur l'absorption de l'azote par les substances organiques, déterminée à distance sous l'influence des matières radioactives, par M. BERTHELOT (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 16 juillet, p. 149-152). — On sait que M. Berthelot a autrefois établi que diverses substances organiques, notamment la cellulose, absorbent l'azote et l'oxygène sous l'influence de l'effluve et sous l'influence de l'électricité atmosphérique; il a voulu voir si les radiations du radium produisent des phénomènes analogues. Dans ce but, un échantillon de 120mg de chlorure de baryum contenant 20mg de chlorure de radium a été placé dans le fond d'un tube à essai; à 15mm au-dessus a été disposée une feuille enroulée de papier buvard blanc, exempt de cendres. Après jaugeage de l'air contenu dans le tube, celui-ci a été fermé à la lampe, enroulé d'une double feuille de papier gris et abandonné pendant 11 mois dans une armoire. Après ouverture du tube, il fut constaté que tout l'oxygène (7mg,8) de l'air qu'il renfermait primitivement avait disparu, en même temps que 8mg,6 d'azote; le sel radioactif n'avait pas changé de composition; le papier, au contraire, avait été altéré. La cellulose absorbe donc l'oxygène et l'azote sous l'influence des radiations du radium. Il a été reconnu en outre que ce ne sont pas les mêmes radiations qui provoquent la fixation de l'azote et celle de l'oxygène, car le papier gris entourant le tube et ne recevant que les radiations traversant le verre avait fixé de l'oxygène mais pas d'azote. Incidemment, l'auteur a établi que la coloration violette très intense que prend le verre sous l'action du radium n'est pas simplement superficielle, qu'elle existe dans toute l'épaisseur du verre et qu'elle est due à la présence du manganèse dans le verre.

Sur la conductibilité électrique du colloïde hydrochloroferrique, par G. MALFITANO (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 16 juillet, p. 172-174). — En filtrant des liqueurs colloïdales au travers du collodion, on sépare les micelles de la solution d'électrolytes qui forme leur milieu et l'on peut mesurer la conductibilité de ces micelles. En opérant ainsi, l'auteur d'une part (*C. R.*, 26 décembre 1904), M. J. Duclaux, d'autre part (*C. R.*, 29 mai 1905), ont obtenu des résultats contradictoires. L'auteur montre ici que la contradiction n'est qu'apparente et que les deux résultats, expérimentalement exacts tous les deux, peuvent être vérifiés dans le même colloïde.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

A NOS LECTEURS.

A la suite des améliorations matérielles apportées récemment à cette publication, quelques lecteurs nous ont écrit pour nous demander de continuer dans cette voie en substituant aux petits caractères employés dans la composition de beaucoup d'analyses, des caractères plus grands. Nous acquiesçons volontiers à ce désir, la lecture des matières composées avec ces caractères étant réellement fatigante; à partir de ce numéro ces caractères ne seront donc qu'exceptionnellement employés.

Toutefois, pour ne pas diminuer la quantité des matières publiées dans chaque volume, nous nous proposons d'augmenter le nombre des pages des numéros, non d'une façon régulière, mais quand le besoin s'en fera sentir, aux époques où la littérature technique est très riche en documents intéressants. D'ailleurs dès maintenant la compensation se trouvera à peu près établie par la substitution de caractères plus petits à ceux qui servaient à la composition des articles de tête.

Cette uniformisation des caractères nous a en outre permis de faire une modification qui nous était réclamée depuis longtemps par quelques-uns de nos lecteurs soucieux avant tout d'une classification bien ordonnée : placer les articles de fond aussi bien que les analyses dans les rubriques auxquels ils correspondent.

Nous espérons que ces améliorations et modifications de détail satisferont, sinon tous, au moins le plus grand nombre des lecteurs de ce journal.

CONGRÈS.

Congrès de Lyon de l'Association française pour l'avancement des Sciences. — Ainsi que nous l'annoncions dans les précédents numéros (15 et 30 avril, p. 225 et 256), le Congrès annuel de l'A. F. A. S. a eu lieu cette année à Lyon du 2 au 7 août, sous la présidence de M. Lippmann. Suivant la coutume, son programme comprenait des séances générales, des séances de sections, une conférence, des visites d'usines, des excursions et des réceptions.

Dans son discours d'ouverture du Congrès, intitulé *Industrie et Universités*, M. Lippmann a fait ressortir les liens qui rattachent la Science et l'Industrie. C'est un thème bien connu, mais qu'il est toujours agréable d'entendre développer par un orateur aussi autorisé que M. Lippmann. Dans l'impossibilité de reproduire ici ce discours magistral dans toute son étendue, nous nous bornerons à en citer le passage ci-dessous, où l'orateur montre comment l'alliance de la Science et de l'Industrie est comprise et appliquée en Allemagne et en France :

C'est l'Allemagne, dit-il, qui a eu le mérite de donner l'exemple. Nos voisins d'outre-Rhin appliquent largement le système que je viens d'indiquer, et ils en sont largement récompensés. C'est ainsi que la maison Zeiss, d'Iéna, a 14 docteurs ès sciences à son service, tant mathématiciens que physiciens. Les grandes fabriques de couleurs d'aniline et de produits organiques du même pays emploient plus de chimistes scientifiques que de techniciens : ainsi l'une d'elles utilise 55 chimistes scientifiques pour 31 techniciens, une autre 145 pour 75, une troisième 148 pour 75. Les laboratoires de recherches sont dans l'usine et grandement installés : l'un d'eux possède une bibliothèque de 14000 volumes; un autre use pour 125000^{fr} par an de verrerie chimique. Tout cela coûte cher sans doute, mais ces grandes fabriques donnent de 20 à 33 pour 100 de dividende aux actionnaires.

Toute substance nouvellement découverte et utilisable est aussitôt brevetée, ainsi que ses succédanés que l'on recherche systématiquement. Les brevets se comptent par milliers : la maison Bæyer en possède 1000 dans son pays et 1200 à l'étranger. Il s'établit ainsi un monopole de fait. L'Allemagne exporta en 1904 pour 156 millions de couleurs d'aniline, c'est-à-dire 195 fois plus que la France. Les millions qu'elle dépense généreusement pour ses mathématiciens, ses physiciens, ses chimistes, pour ses laboratoires de recherches installés à l'usine, lui valent un bénéfice brut de 1250000000^{fr} annuellement. C'est un placement intelligent. Et, en outre, l'Allemagne y gagne d'exercer une influence mondiale par ses Universités qui fournissent aux usines d'Europe et d'Amérique une grande partie du personnel savant dont elles ont besoin.

Les Américains savent employer les savants. L'an dernier je recevais la visite d'un homme de science qu'une très grande Compagnie de construction à New-York a mis à la tête de ses services; il faisait le tour des Universités d'Europe avant de se construire, aux frais de sa Compagnie, un laboratoire de recherches qu'il entendait installer supérieurement. Il me donna sur la distinction qu'il fait entre le personnel savant et le personnel technique un détail piquant. Il paraît que les techniciens américains ont la manie d'essayer sans permission des variantes, en vue souvent de trouver un perfectionnement brevetable : ils sortent ainsi de leur rôle. Aussi remplace-t-on, quand faire se peut, des techniciens par des techniciennes. Il paraît que l'on trouve là-bas, en nombre suffisant, des femmes instruites et capables; de plus, ces Américaines sont dociles : elles ne se permettent jamais d'inventer quelque chose à l'usine.

D'autres pays, l'Autriche, la Suisse, par exemple, ont encore adopté la même méthode. Ce sont des pays pourvus d'Universités autonomes, et ils leur empruntent leur personnel scientifique. A cette liste ajoutons la Russie. Ce pays possède d'immenses ressources, et les Russes appliquent déjà la bonne méthode pour les exploiter; ils n'ont point là-dessus d'idées fausses. Aussi ai-je entendu dire par des personnes compétentes qu'une fois le calme rétabli, au bout d'un nombre limité d'années, la Russie viendra prendre rang après l'Allemagne, c'est-à-dire avant nous.

Chez nous, les idées sont toutes différentes. On se préoccupe rarement de pourvoir une usine de personnel savant. On n'y installe pas de mathématiciens, peu de physiciens, trop peu de chimistes. Les propriétaires d'usines ne veulent pas entreprendre cette dépense, ou bien leurs actionnaires ne sont pas disposés à leur accorder les crédits nécessaires. Ils admettent le technicien, mais renvoient le chercheur au laboratoire de la Faculté. L'esprit public est routinier et sceptique en matière d'innovations scientifiques. Il n'y a

qu'à rappeler comment il a accueilli les grandes inventions, celle de la machine à vapeur par exemple. Papin, pourtant, était Français, ainsi que Sadi-Carnot, qui découvrit la théorie générale de la machine à vapeur et des moteurs thermiques, et fonda cette thermodynamique dont relèvent toutes les sciences expérimentales, tant physiques que biologiques. Cependant le grand public est resté pendant près d'un demi-siècle, aveugle et sourd devant ce fait évident que la vapeur était de première importance pour l'industrie; il fut impossible de lui apprendre que les moteurs à vapeur animaient les grandes fabriques anglaises et commençaient l'immense fortune de l'Angleterre. Carnot soulignait, en 1832, l'emploi de la vapeur en Angleterre : on ne l'écouta pas.

La télégraphie électrique est d'origine française, puisqu'elle remonte à Ampère. Nous constatons que le public conserva à son égard la même ignorance. Et la série continue. Il me souvient qu'un jour, en 1870, — j'étais à l'École Normale, — mon maître Sainte-Claire Deville eut la bonté de m'appeler avec mes camarades à son laboratoire pour nous montrer un petit appareil qu'il avait installé. Je ne connaissais cet instrument que par sa description, et j'avais peine à y croire; mais je le portai à mon oreille, j'entendis, et je fus ému : c'était le téléphone. Dix ans plus tard, en 1882, l'Exposition d'Électricité s'ouvrait aux Champs-Élysées. Le public y afflua : on faisait queue pour entendre le téléphone, le théâtrophone, installés dans de grandes salles par des Compagnies américaines. De fait, le téléphone fut découvert par le public parisien en 1881. Ce petit instrument avait mis dix ans à franchir la grille de fer qui sépare la rue d'Ulm du laboratoire de Deville. La machine Gramme, la lampe Edison, le phonographe eurent la même faveur que lui et émerveillèrent les visiteurs de l'Exposition de 1881. Jamais peuple asiatique n'accueillit, avec une plus franche admiration, les inventions apportées de loin par les barbares d'Occident.

Telle a été, telle est encore la mentalité du grand public de cette classe moyenne qui a passé par le lycée. Cette masse dirigeante a ses qualités : elle est très civilisée, honnête, passablement lettrée et plus artiste peut-être qu'en d'autres pays. Mais il est trop certain, nous venons de le rappeler par quelques exemples, qu'il lui manque une notion saine de la puissance de la Science : elle n'y croit pas ou elle y croit trop tard.

Les séances de section ont, en général, été très suivies et les communications présentées fort nombreuses. Mais, ainsi que nous avons eu l'occasion fréquente de le constater, certaines sections très vitales les années précédentes ne présentaient cette année qu'un intérêt fort médiocre. Tel est malheureusement le cas de la section de Physique qui, aux Congrès précédents, avait fourni une ample moisson de communications importantes dont beaucoup relatives à l'électricité. Cette année une demi-douzaine seulement de communications y ont été faites et sur celles-ci deux seulement intéressent les électriciens : l'une de M. A. Blondel sur un interrupteur à mercure permettant de redresser les courants alternatifs pour la charge des accumulateurs, l'autre de M. Stéphane Leduc sur un dispositif d'enregistrement photographique des courants de haute fréquence. Nous donnerons prochainement une analyse de ces communications.

Par contre la section du Génie civil, un peu délaissée aux derniers Congrès, a été cette année des plus suivies. Quatre rapports y ont été lus. L'un de M. de Marchena sur les turbines à vapeur, un autre de M. Boissonnas sur le transport d'énergie Moutiers-Lyon, le troisième de M. Léon Gérard sur la traction mécanique des bateaux, enfin le quatrième de M. Auvert, sur la traction électrique des chemins de fer. Les deux premiers de ces rapports ont déjà été publiés dans ces colonnes (t. V, 30 mai 1906, p. 308 et 312). Celui de M. Léon Gérard, dont la présentation fut, grâce à l'obligeance de M. Lumière, accompagnée de projections cinématographiques, sera prochainement analysé ici quand les illustrations qu'il comporte nous seront parvenues. Nous reviendrons également sur celui de M. Auvert, bien que les considérations qui y sont indiquées se trouvent dans un article publié l'an dernier par l'auteur dans la *Revue générale des Chemins de fer et Tramways* et analysé dans ce journal (t. V, 30 janvier 1906, p. 46). Outre ces rapports, diverses communications ont été présentées à la section : signalons parmi elles la communication du commandant Audebrand sur un nouveau moteur, et celle de M. Rateau sur les travaux de la Commission d'essais des turbines, travaux des plus importants pour la publication desquels la section a demandé le concours financier de l'Association. Les séances de la section du Génie civil ont donc été des mieux remplies, grâce d'ailleurs au dévouement du président de cette section, M. H. Tavernier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à Lyon, à qui nous sommes heureux de présenter ici nos sincères félicitations, sûr d'être ainsi l'interprète des congressistes qui ont pris part aux travaux de cette section.

Nous signalerons seulement les réceptions, obligatoires dans tout Congrès, ainsi que l'excursion faite le dimanche 5 août au cours de laquelle une plaque commémorative fut déposée sur la maison où naquit Ampère dans les environs de Lyon et qui se termina par un banquet, accompagné de danses grecques, offert par M. Guimet, le riche industriel lyonnais, fondateur du musée Guimet de Paris.

Quant aux visites d'établissements industriels et scientifiques, la plupart des sections en avaient organisé un nombre fort respectable; mais sur ce point également la section du Génie civil semble détenir le record, car, non contente d'y consacrer tous les après-midi, elle conviait ses membres dès 7^h du matin pour leur montrer les installations intéressantes de la région. Inutile de dire que l'usine de Jonage, l'usine réceptrice de la transmission Moutiers-Lyon, les usines des tramways, etc., ont été l'objet de ces visites.

A la suite du Congrès, une excursion à Chamonix était prévue. Cette excursion permit aux congressistes de visiter les installations du chemin de fer électrique du Fayet à Chamonix. Grâce à la complaisance de M. Auvert, ingénieur en chef des Services électriques du P.-L.-M., qui nous avait accompagnés jusque-là, nous avons pu visiter en détail ces installations qui ont subi récemment d'importantes modifications par suite de la mise en exploitation, depuis le 25 juillet, du tronçon Chamonix-Argentières et de la construction du tronçon Argentières-Chatelard qui prolongera la ligne électrique jusqu'à la frontière suisse.

Congrès de Milan de l'Union internationale de tramways et chemins de fer d'intérêt local. — Ce

Congrès aura lieu du 16 au 22 septembre; en voici le programme provisoire :

Dimanche 16. — Dans la soirée : réception des congressistes et des dames au Salon de la Bourse; distribution d'insignes, cartes de légitimation, etc.

Lundi 17. — Le matin, inauguration du Congrès par le Ministre des Travaux publics d'Italie; l'après-midi, visite d'établissements industriels à Milan; le soir, banquet offert par le Gouvernement italien.

Mardi 18. — Le matin, deuxième séance; l'après-midi, visite à l'Exposition; le soir, réception par la Société générale italienne Edison d'électricité et visite à l'usine centrale de la Compagnie. Lors de cette réception, M. Semenza, ingénieur de la Compagnie, traitera, sous forme de conférence, la question des « Turbines à vapeur dans ses applications à la traction électrique », question prévue à l'ordre du jour du Congrès.

Mercredi 19. — Excursion au lac Majeur et à Varese; déjeuner à l'une des stations du lac; dîner à Varese.

Jeudi 20. — Le matin, troisième séance; l'après-midi, excursion à la Chartreuse de Pavie.

Vendredi 21. — Le matin, quatrième séance; l'après-midi, excursion au Parc de Monza, avec arrêt à Sesto S. Giovanni, pour la visite d'établissements industriels.

Samedi 22. — Il est prévu pour cette journée, au choix des congressistes, l'une des deux excursions suivantes : *a*, à Bergame et au val Brembana; parcours de la vallée en chemin de fer électrique à courant monophasé; déjeuner à S. Pellegrino. *b*, à Sondrio, parcours de la Valteline en chemin de fer électrique à courants triphasés. Visite de l'usine centrale de Morbegno; déjeuner à Sondrio offert aux congressistes par l'Administration des Travaux publics. Le soir, banquet offert par la municipalité de Milan.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Loi du 12 juin 1906 sur les distributions d'énergie. — Nous donnons ci-dessous le texte de cette loi, votée le 27 février par la Chambre des députés et adoptée sans discussion par le Sénat dans sa séance du 12 juin dernier. Il y a lieu de remarquer que, par suite du transfert au Ministère des Travaux publics de l'Administration des Postes et Télégraphes, qui dépendait du Ministère du Commerce au moment où la loi a été votée par la Chambre, les mots « ministre du Commerce » doivent être aujourd'hui remplacés par « ministre des Travaux publics » ; si cette rectification n'a pas été faite lors de l'adoption de la loi par le Sénat c'est qu'elle entraînait le renvoi de celle-ci à la Chambre et par conséquent une perte de temps considérable, préjudiciable aux intérêts des industriels qui, depuis neuf ans, attendaient la promulgation de la loi.

L'idée de réglementer législativement les distributions d'énergie électriques ou non électriques remonte en effet à 1897, année pendant laquelle le Gouvernement déposait au bureau de la Chambre, un projet de loi sur ce sujet. Ce projet, remanié par une Commission dont M. Guillain était le rapporteur, fut soumis au vote de la Chambre le 8 février 1898, mais ne fut pas accepté. Le 16 juin 1899, un second projet, ne différant guère du premier, était déposé à la Chambre par M. Berthelot; le 10 juillet suivant il était repoussé, après une courte mais très vive discussion. Pendant la législature qui vient de finir, un troisième projet fut pris en considération : amendé suivant les indications données par les Congrès de la Houille blanche de 1902 et celles fournies par les Chambres syndicales, il eut plus de succès que les précédents et, comme il est dit plus haut, a été adopté successivement cette année par la Chambre des députés, sur le rapport de M. Janet et par le Sénat, sur le rapport de M. Chautemps.

Nous n'avons pas qualité pour commenter cette loi; des commentateurs plus ou moins compétents ne manqueront pas d'ailleurs de nous faire connaître ce que contient la loi et même ce qui ne s'y trouve pas, lorsque la période des vacances sera terminée. Attendons donc quelques semaines. Toutefois il est un point qui se dégage immédiatement de la lecture de ses 27 articles: c'est que le législateur a voulu donner à l'établissement des transmissions d'énergie toutes les facilités possibles et lui imposer le minimum de charges. En particulier les articles 5 et 9 défendent aux municipalités des communes traversées ou desservies par la transmission de réclamer autre chose que des droits de voirie pour occupation du domaine public.

Les électriciens ne peuvent évidemment qu'être satisfaits de cette disposition bienveillante de la loi. Ils n'ont plus à craindre les redevances exagérées que diverses municipalités leur imposaient, redevances qui parfois rendaient financièrement impossible l'établissement d'une ligne de transmission un peu longue devant traverser quelques dizaines de communes. Mais, comme toujours, il y a un revers à la médaille. Diverses villes tirent jusqu'ici des sommes importantes des taxes qu'elles perçoivent sur l'électricité et le gaz. Or, prise à la lettre, la loi n'autorise plus la perception de ces taxes et dès lors ces villes devront désormais avoir recours à des impôts pour combler le déficit ainsi créé dans leurs recettes.

Pour Paris, qui compte obtenir bientôt une vingtaine de millions par an des taxes sur le gaz et sur l'électricité, la question est de la plus grande importance et ce n'est pas sans quelque surprise que le Conseil municipal et le préfet de la Seine apprenaient le vote de la loi par le Sénat, précisément au moment où ils cherchaient à obtenir des futurs concessionnaires de l'électricité à Paris le maximum de redevances. Aussi beaucoup pensent-ils que le règlement d'administration publique qui précisera les conditions d'application de la loi consentira des dérogations à celle-ci pour les communes non seulement traversées, mais encore desservies par les canalisations servant à la transmission de l'énergie.

TITRE Ier. — *Classification des distributions d'énergie électrique.*

ARTICLE PREMIER. — Les distributions d'énergie électrique qui ne sont pas destinées à la transmission des signaux et de la parole et auxquelles le décret-loi du 27 décembre 1851 n'est pas dès lors applicable, sont soumises pour leur établissement et leur fonctionnement aux conditions ci-après.

ART. 2. — Une distribution d'énergie électrique n'empruntant en aucun point de son parcours des voies publiques peut être établie et exploitée, soit sans autorisation ni décla-

ration, soit lorsque ses conducteurs doivent être établis, en un point quelconque, à moins de dix mètres de distance horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique préexistante, en vertu d'une autorisation délivrée dans des conditions spécifiées au titre II de la présente loi.

Art. 3. — Une distribution d'énergie électrique empruntant sur tout ou partie de son parcours les voies publiques peut être établie et exploitée, soit en vertu de permissions de voirie, sans durée déterminée, dans les conditions spécifiées au titre III de la présente loi, soit en vertu de concessions d'une durée déterminée avec cahier des charges et tarif maximum, dans les conditions spécifiées au titre IV, s'il n'y a pas déclaration d'utilité publique, ou dans celles spécifiées au titre V, s'il y a déclaration d'utilité publique.

Elle peut, suivant la demande de l'entrepreneur, être soumise simultanément dans des communes différentes à des régimes différents, soit celui des permissions de voirie sur une partie de son réseau, soit celui de la concession simple ou celui de la concession déclarée d'utilité publique dans d'autres parties.

Titre II. — *Des ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique établis exclusivement sur des terrains privés sous le régime des autorisations.*

Art. 4. — Les autorisations prévues par l'article 2 sont délivrées par le préfet, en conformité de l'avis émis par l'administration des postes et télégraphes dans un délai de trois mois à partir de la demande.

Les installations visées dans ces autorisations devront satisfaire aux conditions techniques déterminées par les arrêtés prévus à l'article 19 de la présente loi.

Elles devront être exploitées et entretenues de manière à n'apporter par induction, dérivation ou autrement, aucun trouble dans les transmissions télégraphiques et téléphoniques par les lignes préexistantes.

Lorsque, pour prévenir ou faire cesser ce trouble, il sera nécessaire d'exiger le déplacement ou la modification des lignes télégraphiques ou téléphoniques préexistantes, et en cas de non-entente avec l'exploitant, la nature des travaux à exécuter sera déterminée par le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, après avis du comité d'électricité visé par l'article 20. Dans tous les cas, les frais nécessités par ces déplacements ou modifications seront à la charge de l'exploitation.

Titre III. — *Des ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique établis sous le régime des permissions de voirie.*

Art. 5. — Les permissions de voirie sont délivrées par le préfet ou par le maire, suivant que la voie empruntée rentre dans les attributions de l'un ou de l'autre, sous les conditions ordinaires des arrêtés réglementaires relatifs à ces permissions, et en outre sous les conditions stipulées par les règlements d'administration publique visés à l'article 18 de la présente loi.

Elles ne peuvent prescrire aucune disposition relative aux conditions commerciales de l'exploitation.

Elles ne peuvent imposer au permissionnaire aucune charge pécuniaire autre que les redevances prévues au paragraphe 7 de l'article 18.

Aucune permission de voirie ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé sur les mêmes voies des permissions ou concessions concurrentes.

Titre IV. — *Régime des concessions simples sans déclaration d'utilité publique.*

Art. 6. — La concesion d'une distribution publique d'énergie est donnée, après enquête, soit par la commune ou par le syndicat formé entre plusieurs communes, si la demande de concession ne vise que le territoire de la commune ou du syndicat, soit par l'Etat dans les autres cas.

Toute concession est soumise aux clauses d'un cahier des charges conforme à l'un des types approuvés par décret délibéré en Conseil d'Etat, sauf les dérogations ou modifications qui seraient expressément formulées dans les conventions passées au sujet de ladite concession.

Art. 7. — Lorsque la concession est de la compétence de l'Etat, l'acte de concession est passé par le préfet, si elle ne s'étend que sur des communes situées dans le territoire du département, ou par le Ministre des Travaux publics, après avis du Ministre de l'Intérieur, si elle s'étend sur des communes situées dans plusieurs départements.

Lorsque la concession est de la compétence de la commune, l'acte de concession est passé par le maire, en exécution d'une délibération du Conseil municipal.

Si la concession est de la compétence d'un syndicat de communes, l'acte de concession est passé par le président du comité du syndicat, en exécution d'une délibération de ce comité, homologuée par des délibérations des conseils municipaux de toutes les communes syndiquées.

La concession donnée au nom de la commune ou du syndicat de communes n'est définitive qu'après avoir été approuvée par le préfet.

Toutefois, si l'acte de concession passé par le ministre, le préfet, le maire ou le président du comité du syndicat de communes comporte des dérogations ou modifications au cahier des charges type, il ne devient définitif qu'après avoir été approuvé par un décret délibéré en Conseil d'Etat.

Art. 8. — Aucune concession ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé des permissions de voirie ou une concession à une entreprise concurrente, sous la réserve que celle-ci n'aura pas des conditions plus avantageuses.

Toutefois, l'acte par lequel une commune ou un syndicat de communes donne sa concession de l'éclairage public et privé sur tout ou partie de son territoire peut stipuler que le concessionnaire aura seul le droit d'utiliser les voies publiques dépendant de la commune ou des communes syndiquées dans les limites de la concession, en vue de pourvoir à son éclairage privé par une distribution publique d'énergie, sans que cependant ce privilège puisse s'étendre à l'emploi de l'énergie à tous usages autres que l'éclairage, ni à son emploi accessoire pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée.

Pendant la durée du privilège ainsi institué, les permissions de voirie délivrées par le préfet et les actes de concession passés au nom de l'Etat devront tenir compte de ce privilège dans les obligations imposées aux permissionnaires et concessionnaires.

Art. 9. — L'acte de concession ne peut imposer au concessionnaire une charge pécuniaire autre que les redevances prévues au paragraphe 7 de l'article 18, ni attribuer à l'Etat ou à la commune des avantages particuliers autres que les prix réduits d'abonnements qui seraient accordés aux services publics pour des fournitures équivalentes.

Art. 10. — La concession confère à l'entrepreneur le droit d'exécuter sur les voies publiques et leurs dépendances tous travaux nécessaires à l'établissement et à l'entretien des ouvrages en se conformant aux conditions du cahier des charges, des règlements de voirie et des règlements d'administration publique prévus à l'article 18 ci-après.

L'autorité qui a fait la concession a toujours le droit, pour un motif d'intérêt public, d'exiger la suppression d'une partie quelconque des ouvrages d'une concession ou d'en faire modifier les dispositions et le tracé.

L'indemnité qui peut être due dans ce cas au concessionnaire est fixée par les tribunaux compétents si les obligations et droits de celui-ci ne sont pas réglés soit par le cahier des charges, soit par une convention postérieure.

Titre V. — *Régime des concessions déclarées d'utilité publique.*

Art. 11. — Sont applicables aux concessions déclarées d'utilité publique l'article 6, les paragraphes 1, 2 et 3 de l'article 7 et les articles 8, 9 et 10 de la présente loi.

La déclaration d'utilité publique est prononcée, après enquête, par un décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport des Ministres des Travaux publics et de l'Intérieur, après avis du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et du Ministre de l'Agriculture.

L'acte de concession ne devient définitif qu'après avoir été approuvé par ce décret.

Art. 12. — La déclaration d'utilité publique investit le concessionnaire, pour l'exécution des travaux dépendant de la concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics. Le concessionnaire demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent pour l'administration de ces lois et règlements.

S'il y a lieu à expropriation, il y est procédé conformément à la loi du 3 mai 1841 au nom de l'autorité concédante et aux frais du concessionnaire.

La déclaration d'utilité publique d'une distribution d'énergie confère, en outre, au concessionnaire le droit :

1° D'établir à demeure des supports et ancrages pour conducteurs aériens d'électricité, soit à l'extérieur des murs ou façades donnant sur la voie publique, soit sur les toits et terrasses des bâtiments, à la condition qu'on y puisse accéder par l'extérieur, étant spécifié que ce droit ne pourra être exercé que sous les conditions prescrites, tant au point de vue de la sécurite qu'au point de vue de la commodité des habitants, par les règlements d'administration publique prévus à l'article 18, lesdits règlements devant limiter l'exercice de ce droit au cas de courants électriques tels que la présence desdits conducteurs d'électricité à proximité des bâtiments ne soit pas de nature à présenter, nonobstant les précautions prises conformément aux règlements, des dangers graves pour les personnes ou les bâtiments;

2° De faire passer les conducteurs d'électricité au-dessus des propriétés privées, sous les mêmes conditions et réserves que celles spécifiées à l'alinéa 1° ci-dessus;

3° D'établir à demeure des canalisations souterraines ou des supports pour conducteurs aériens, sur des terrains privés non bâtis, qui ne sont pas fermés de murs ou autres clôtures equivalentes;

4° De couper les branches d'arbres qui, se trouvant à proximité des conducteurs aériens d'electricité, pourraient, par leur mouvement ou leur chute, occasionner des courts-circuits ou des avaries aux ouvrages.

L'exécution des travaux prévus aux alinéas 1° à 4° ci-dessus doit être précédée d'une notification directe aux intéressés et d'une enquête spéciale dans chaque commune; elle ne peut avoir lieu qu'après approbation du projet de détail des tracés par le préfet.

Elle n'entraîne aucune dépossession; la pose d'appuis sur les murs ou façades ou sur les toits ou terrasses des bâtiments ne peut faire obstacle au droit du propriétaire de démolir, réparer ou surélever. La pose des canalisations ou support dans un terrain ouvert et non bâti ne fait pas non plus obstacle au droit du propriétaire de se clore ou de bâtir. Le propriétaire devra, un mois avant d'entreprendre les travaux de démolition, réparation, surélévation, clôture ou bâtiment, prévenir le coneessionnaire par lettre recommandée adressée au domicile dudit concessionnaire.

Les indemnités qui pourraient être dues à raison des servitudes d'appui, de passage ou d'ébranchage, prévues aux alinéas 1°, 2°, 3° et 4° ci-dessus, sont réglées en premier ressort par le juge de paix; s'il y a expertise, le juge peut ne nommer qu'un seul expert.

Titre VI. — *Conditions communes à l'établissement et à l'exploitation des distributions sous le régime des permissions de voirie ou des concessions.*

Art. 13. — L'établissement et l'exploitation des lignes de transport d'énergie électrique placées sous le régime, soit du titre III, soit du titre IV, soit du titre V de la présente loi, sont soumis aux conditions ci-après.

Art. 14. — Les projets sont examinés par les représentants des services intéressés dans une conférence à laquelle prennent part, dans tous les cas, les représentants de l'administration des Postes et des Télégraphes. Si l'accord en vue de l'exécution des projets n'intervient pas au cours de la conférence, l'affaire est soumise au Comité d'électricité. Si tous les Ministres intéressés n'adhèrent pas à l'avis du Comité, il est statué par décret en Conseil des Ministres.

Art. 15. — La mise en service d'une distribution d'énergie électrique ne peut avoir lieu qu'à la suite des essais faits en présence du service du contrôle et des représentants des services intéressés, et après délivrance par le préfet d'une autorisation de circulation du courant.

Art. 16. — Le contrôle de la construction et de l'exploitation est exercé sous l'autorité du Ministre des Travaux publics, soit par les agents qu'il aura délégués à cet effet lorsqu'il s'agit de concessions données par l'État ou de permissions, pour des distributions empruntant en tout ou partie la grande voirie, soit par les agents délégués par les municipalités lorsqu'il s'agit de concessions par les communes ou les syndicats de communes, ou de permissions pour des distributions n'empruntant que les voies vicinales ou urbaines.

Art. 17. — L'administration des Postes et des Télégraphes peut adresser au service du contrôle, constitué comme il est dit à l'article 16, une réquisition à l'effet de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir ou faire cesser toute perturbation nuisible aux transmissions par les lignes télégraphiques ou téléphoniques actuellement existantes dans le rayon d'influence des conducteurs d'énergie électrique.

Semblable réquisition peut être adressée au service du contrôle par les fonctionnaires chargés de la surveillance de tout service public dont la marche subirait une atteinte du fait du fonctionnement d'une distribution d'énergie.

Le service du contrôle est tenu de prendre les mesures nécessaires pour qu'il soit immédiatement déféré à la réquisition.

En cas de contestation il est ensuite procédé comme il est dit à l'article 14.

Art. 18. — Des règlements d'administration publique, rendus sur le rapport du ministre de l'Intérieur, du ministre des Travaux publics, du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, du ministre de l'Agriculture et, en outre, sur le rapport du ministre des Finances pour les règlements de l'alinéa 7°, déterminent :

1° La forme des enquêtes prévues aux articles 6, 11 et 12, étant stipulé que l'avis des conseils municipaux intéressés devra être demandé aux cours de ces enquêtes;

2° Les formes de l'instruction des projets et de leur approbation;

3° L'organisation du contrôle de la construction et de l'exploitation dont les frais sont à la charge du concessionnaire ou du permissionnaire;

4° Les conditions générales et d'intérêt public auxquelles devront satisfaire les ouvrages servant à la distribution d'énergie, soit en vertu de concessions, soit en vertu de permissions de voirie;

5° La forme des réquisitions à adresser en exécution de l'article 17;

6° Les mesures relatives à la police et à la sécurité de l'exploitation des distributions d'énergie;

7° Les tarifs des redevances dues à l'État, aux départements et aux communes, en raison de l'occupation du do-



maine public par les ouvrages des entreprises concédées ou munies de permissions de voirie;

8° Et, en général, toutes les mesures nécessaires à l'exécution de la présente loi.

Les règlements visés par les alinéas 2°, 4° et 6° seront pris après avis du Comité d'électricité.

Art. 19. — Les arrêtés pris par le ministre des Travaux publics et le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, après avis du Comité d'électricité, déterminent les conditions techniques auxquelles devront satisfaire les distributions d'énergie au point de vue de la sécurité des personnes et des services publics intéressés, ainsi qu'au point de vue de la protection des paysages. Ces conditions seront soumises à une revision annuelle.

TITRE VII. — *Dispositions diverses.*

Art. 20. — Il sera formé un Comité d'électricité permanent, composé, pour une moitié, de représentants professionnels français des grandes industries électriques et, pour l'autre moitié, de membres pris dans les administrations de l'Intérieur, des Travaux publics, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, de la Guerre et de l'Agriculture.

Les fonctionnaires, membres de ce Comité, au nombre de quinze, seront nommés par décret sur les propositions que les ministres de l'Intérieur, des Travaux publics, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, de la Guerre et de l'Agriculture présenteront, chacun en ce qui le concerne, à raison de trois per ministère.

Les représentants professionnels des grandes industries électriques, au nombre de quinze, seront nommés par décret, sur les propositions du ministre des Travaux publics et du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes.

Le Comité donnera son avis dans les cas prévus par la présente loi et sur toutes les questions dont les ministres intéressés le saisiront.

Le mode de son fonctionnement sera déterminé par un règlement d'administration publique.

Art. 21. — La déclaration d'utilité publique d'ouvrages à exécuter par l'État, un département, une commune ou une association syndicale de la loi du 26 juin 1865, modifiée par celle du 22 décembre 1888, ou par leur concessionnaire, confère à l'administration ou au concessionnaire pour l'établissement ou le fonctionnement des conducteurs d'énergie employés à l'exploitation de ces ouvrages, les droits de passage, d'appui et d'ébranchage spécifiés à l'article 12 ci dessus, avec application des dispositions spéciales édictées à cet effet par les règlements d'administration publique prévus à l'article 18.

Le bénéfice de ces droits restera acquis à l'administration ou au concessionnaire, même dans le cas où l'énergie serait fournie aux conducteurs par une usine privée ou par une entreprise de distribution publique d'énergie non déclarée d'utilité publique, et aussi dans le cas où les ouvrages serviraient simultanément à un transport d'énergie destiné à des usages autres que le service public ou le service de l'association syndicale.

Art. 22. — Les contestations et réclamations auxquelles peut donner lieu l'application des mesures prises en vue de la protection des transmissions télégraphiques et téléphoniques et en général de la marche de tout service public, sont jugées par le Conseil de préfecture, sauf recours au Conseil d'État, comme en matière de dommages causés par l'exécution des travaux publics.

Art. 23. — Toute contravention aux arrêtés d'autorisation pris en conformité des dispositions du titre II de la présente loi sera, après une mise en demeure non suivie d'effet, punie des pénalités portées à l'article 2 du décret-loi du 27 décembre 1851. Elle sera constatée, poursuivie et réprimée dans les formes déterminées au titre V dudit décret.

Art. 24. — Lorsque le permissionnaire ou le concessionnaire d'une distribution d'énergie contreviendra aux clauses de la permission de voirie ou du cahier des charges de la concession ou aux décisions rendues en exécution de ces clauses, en ce qui concerne le service de la navigation ou des chemins de fer ou tramways, la viabilité des voies nationales, départementales ou communales, le libre écoulement des eaux, le fonctionnement des communications télégraphiques ou téléphoniques, procès-verbal sera dressé de la contravention par les agents du service intéressé dûment assermentés.

Ces contraventions seront poursuivies et jugées comme en matière de grande voirie et punies d'une amende de 16fr à 300fr, sans préjudice de la réparation du dommage causé.

Le service du contrôle pourra prendre immédiatement toutes les mesures provisoires pour faire cesser le dommage, comme il est procédé en matière de voirie. Les frais qu'entraînera l'exécution de ces mesures, ainsi que ceux des travaux que les administrations intéressées auraient été amenées à faire comme suite à la réquisition visée à l'article 17, seront à la charge du permissionnaire ou du concessionnaire. Il en sera de même pour les frais avancés par l'État pour la modification des installations des services publics préexistants.

Art. 25. — Toute infraction aux dispositions édictées dans l'intérêt de la sécurité des personnes, soit par des règlements d'administration publique, soit par les arrêtés visés à l'article 19, sera poursuivie devant les tribunaux correctionnels et punie d'une amende de 16fr à 3,000fr, sans préjudice de l'application des pénalités prévues au Code pénal en cas d'accident résultant de l'infraction.

Les délits et contraventions pourront être constatés par des procès-verbaux dressés par les officiers de police judiciaire, les ingénieurs et agents des ponts et chaussées et des mines, les ingénieurs et agents du service des télégraphes, les agents voyers, les agents municipaux chargés de la surveillance ou du contrôle et les gardes particuliers du concessionnaire agréés par l'administration et dûment assermentés.

Ces procès-verbaux feront foi jusqu'à preuve du contraire.

Ils seront visés pour timbre et enregistrés en debet.

Ceux qui seront dressés par des gardes particuliers assermentés devront être affirmés dans les trois jours, à peine de nullité, devant le juge de paix ou le maire, soit du lieu du délit ou de la contravention, soit de la résidence de l'agent.

Art. 26. — Sont maintenues dans leurs forme et teneur les concessions et permissions accordées par des actes antérieurs à la présente loi.

Art. 27. — Sont abrogées la loi du 25 juin 1895 et toutes les dispositions contraires à la présente loi.

AVIS.



Tome VI. **N° 62. — 30 juillet 1906.**
Publié le 29 août.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ALTERNATEURS.

Influence de la réaction d'induit sur la forme de l'onde de tension dans les génératrices à courants alternatifs, par Gustav BENISCHKE. (Extrait de *Zeitschrift für Elektrotechnik*, 1905, n° 47, communiqué par l'auteur).

M. Benischke a eu l'occasion de faire un grand nombre de relevés oscillographiques qui lui ont permis de préciser le rôle de la réaction d'induit dans les déformations de la courbe de tension des alternateurs en général. En particulier, s'il s'agit de génératrices triphasées, c'est la tension étoilée qu'il faut considérer et non pas la tension polygonale qui résulte, comme on sait, de la composition de deux tensions étoilées déphasées de 120° et qui ne contient plus les harmoniques multiples de trois des tensions composantes [1]. Si donc la déformation, due à la réaction d'induit, de la courbe de la tension étoilée, provient principalement des termes du troisième et du neuvième ordre, comme c'est en général le cas, cette déformation ne se fera pas sentir dans la tension composée d'où ces harmoniques ont disparu. D'autre part, la réaction d'induit déformera une courbe de tension étoilée sinusoïdale aussi bien qu'une onde complexe, et alors la tension composée restera sinusoïdale ou éprouvera également une déformation; cela dépendra de la construction de la machine. La figure 1 donne les courbes à vide et sous charge non inductive de la tension étoilée d'une génératrice

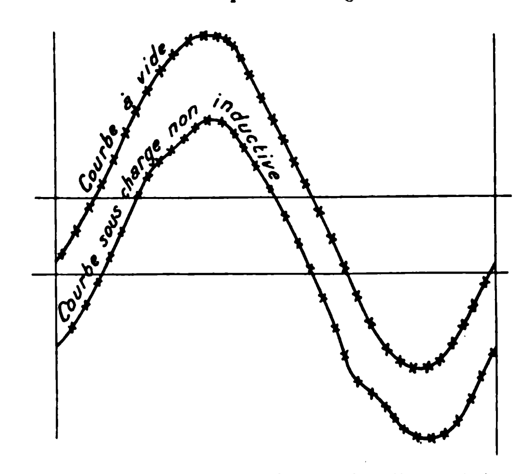


Fig. 1. — Courbes de la tension étoilée d'une génératrice triphasée à vide et sous charge non inductive.

(1) Cette distinction a échappé à M. Hornauer et c'est à tort qu'il a émis l'opinion qu'une courbe sinusoïdale n'éprouvait que de faibles variations quand on faisait la charge. Il considérait la tension composée au lieu de la tension étoilée. (*Zeitschrift für Elektrotechnik*, 1905, n° 30, p. 445).

triphasée; la première est très sensiblement sinusoïdale. Les figures 2 à 5 sont les oscillogrammes relatifs à une génératrice à larges pièces polaires; les courbes P de la tension étoilée sont très aplaties et très déformées, tandis que les courbes de tension composées V restent sinusoïdales à toutes charges.

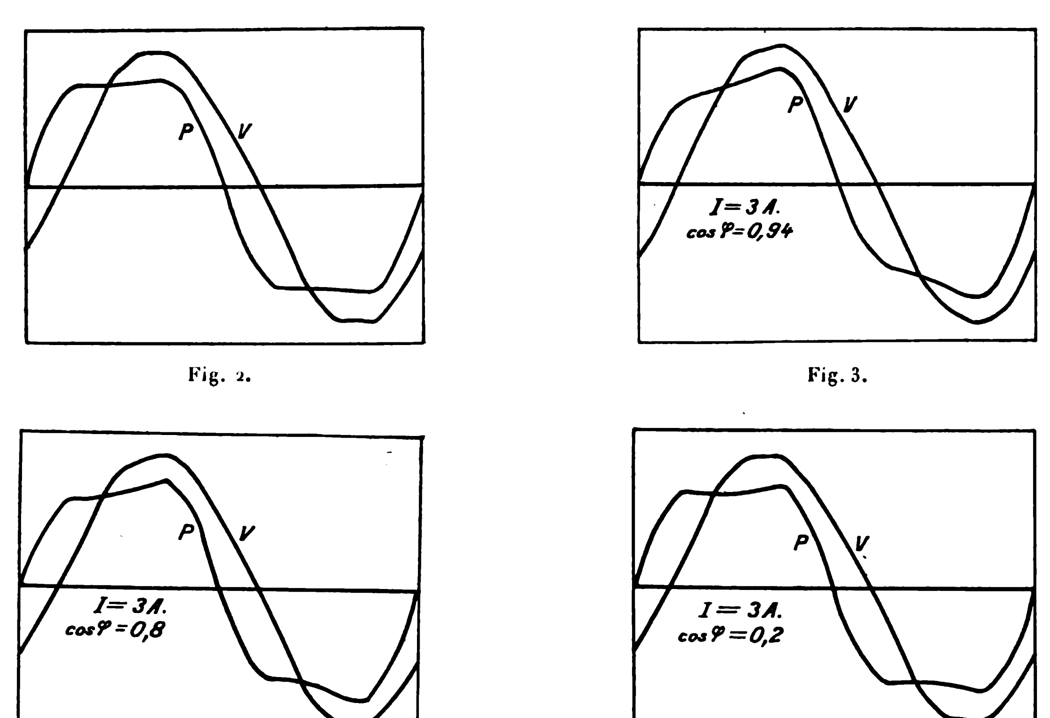


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 2 à 5. — P, tensions étoilées; V, tensions composées d'une génératrice triphasée à larges pièces polaires.

Théoriquement, dans toute génératrice à courant alternatif, la réaction d'induit doit produire une déformation de la courbe de tension (tension étoilée dans le cas d'une génératrice triphasée). En effet, on voit en figure 6 la position d'un pôle inducteur par rapport à la bobine induite A à l'instant où la tension induite dans cette dernière atteint son maximum. Si la machine débite sur circuit non inductif, le courant passera à ce moment aussi par son maximum et réagira sur le pôle de façon à produire une diminution du champ sur la

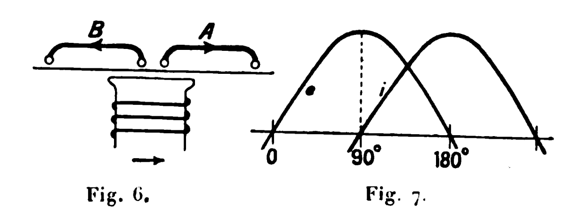


Fig. 6. Fig. 7.

partie droite seulement. Il en résultera donc une dissymétrie dans la forme de la courbe, dissymétrie qui sera encore exagérée par ce fait que le courant qui circule en sens contraire dans la bobine antérieure B tend à renforcer le champ dans la partie gauche. Au contraire, si le courant retarde d'un quart de période sur la tension (*fig.* 7), leurs maxima seront aussi décalés d'un quart de période; alors le maximum de la tension aura lieu au moment où le courant induit, cause de la réaction, passera par zéro. La figure 8 donne la position relative des bobines dans ce cas et montre qu'il n'y a plus dissymétrie, alors même que le déphasage ne serait

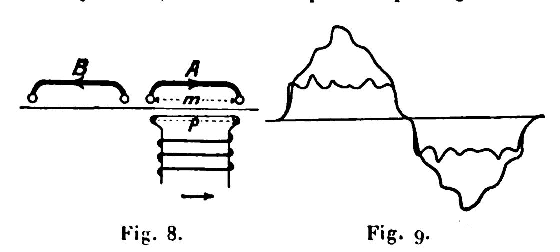


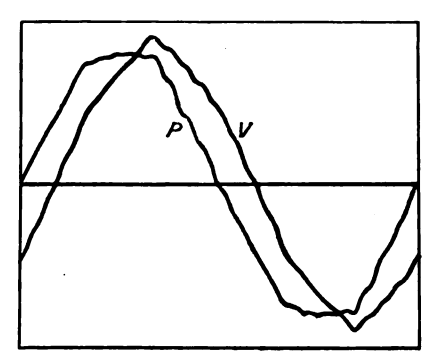
Fig. 8. Fig. 9.

pas exactement de 90°. En particulier, dans les machines munies d'épanouissements polaires plus petits que les bobines ($p < m$), la réaction d'induit reste uniforme. Il n'y a donc aucune déformation de l'onde de tension ou seulement un léger aplatissement, mais la chute de tension est considérable. La figure 5 correspond au premier cas. La courbe de tension étoilée (P) n'a subi qu'une très légère distorsion par rapport à la même courbe à vide reproduite en figure 2; cependant l'angle

de décalage n'était que de 78° (cos $\varphi = 0,2$). Le même phénomène se retrouve en figure 15 où la courbe de tension étoilée trapézoïdale ne diffère pas sensiblement de la courbe à vide de la figure 10. La figure 9 donne un spécimen de courbe aplatie sous l'effet d'une charge inductive pour un déphasage voisin de 90°. Dans les génératrices triphasées à très larges épanouissements polaires, la déformation se traduit par un ensellement très visible sur les figures 5 et 15. Dans tous les cas, la réaction est maxima au milieu de la pièce polaire.

En résumé, pour un déphasage voisin de 90°, il ne se manifeste aucune dissymétrie dans l'onde de tension, mais seulement un aplatissement ou un ensellement; par contre, la chute de tension est bien plus forte. Pour tous les déphasages compris entre 0° et 90°, la dissymétrie sera d'autant plus accusée que l'angle de déphasage sera plus petit ou le facteur de puissance plus grand. C'est ce qu'indiquent les courbes oscillographiques des figures 3, 4 et 5.

Influence des composantes wattées et déwattées sur les déformations des courbes de tension. — La composante wattée seule est susceptible de provoquer une dissymétrie dans la courbe; l'action de la composante déwattée se réduit à un aplatissement ou à un ensellement, mais elle a un rôle prépondérant dans la chute de tension. L'influence de la composante wattée est mise en évidence par les courbes des figures 12 à 15 qui sont des relevés oscillographiques des tensions étoilée P et composée V, correspondant à une même intensité, mais à des composantes wattées différentes (I cos φ) : la dissymétrie diminue en même temps que la composante wattée. Les figures 10 et 11 représentent les mêmes



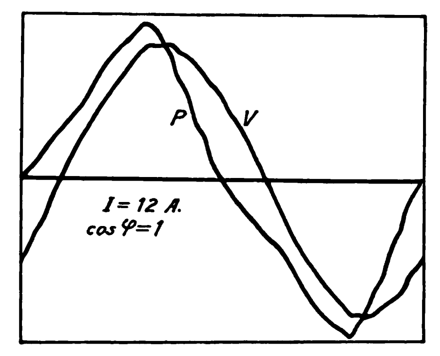


Fig. 10 et 11. — P, tensions étoilées; V, tensions composées d'une génératrice triphasée, à vide et sous charge non inductive.

courbes à vide et sous charge non inductive correspondant à la moitié de la charge normale. Les figures 16 à 19 se rapportent à des charges non inductives et, pour chacune d'elles, l'intensité du courant est égale à la composante wattée de la figure voisine sur la même ligne horizontale. La courbe de la tension étoilée reste bien la même, quoique le courant total soit différent. Si l'on parcourt la colonne de droite de bas en haut, on reconnaîtra encore que la déformation est d'autant plus grande que la composante wattée est elle-même plus grande. Les actions des composantes wattée et déwattée peuvent se produire simultanément; c'est ce qui explique les petites différences qu'un examen attentif permet de découvrir dans deux courbes contiguës.

Circonstances qui influent sur la déformation des courbes dans les divers types de machines. — La figure 6, relative à un alternateur monophasé montre que non seulement la bobine A relative à un pôle inducteur, mais encore la bobine antérieure B produit une réaction qui augmente la déformation. Cette influence de la bobine voisine est plus ou moins considérable, suivant qu'il s'agit de machines mono, di ou triphasées. Si l'on considère la position relative des bobines d'une génératrice triphasée (*fig.* 20), à l'instant où la tension et le courant atteignent leur maximum dans la phase 1, ils prennent une valeur moitié moindre et de sens contraire dans les phases 2 et 3; on voit que la bobine 3 embrassant presque tout le pôle renforce uniformément le flux et ne produit, par suite, pas d'effet déformant sensible; la bobine 2 est déjà en dehors du champ. La déformation de l'onde de tension doit donc, dans les mêmes conditions, être plus faible que pour une machine monophasée où la réaction de la bobine B est sensiblement aussi forte que celle de la bobine A (*fig.* 6).

Étudions maintenant l'influence de la largeur des pièces polaires par rapport à la longueur des bobines. Comme la déformation est due à la réaction dissymétrique de la composante wattée sur les deux moitiés du pôle, il est certain que cette dissymétrie sera d'autant plus faible que le pôle sera moins large. Les courbes de la figure 21 confirment ces prévisions. Elles ont été relevées sur la même machine à pôles interchangeables que les courbes 1 à 5. Les figures 2 à 5 se rapportent à des pièces polaires très larges; la figure 1, à des pôles de largeur moyenne et enfin la figure 21 à des épanouissements étroits qui donnent une déformation à peine sensible.

Nous avons supposé jusqu'ici que le courant était décalé en arrière de la tension; s'il est décalé en avant d'un quart de période, on voit (*fig.* 22) que le pôle ne se trouve plus en face de la bobine correspondante A au moment où le courant atteint son maximum, mais bien en face de la bobine antérieure B où le courant circule en sens contraire, ce qui renforce le champ. Il ne se manifeste donc aucune déformation si la bobine est placée symétriquement par rapport au pôle, ou bien la courbe de tension devient plus pointue si le renfor-

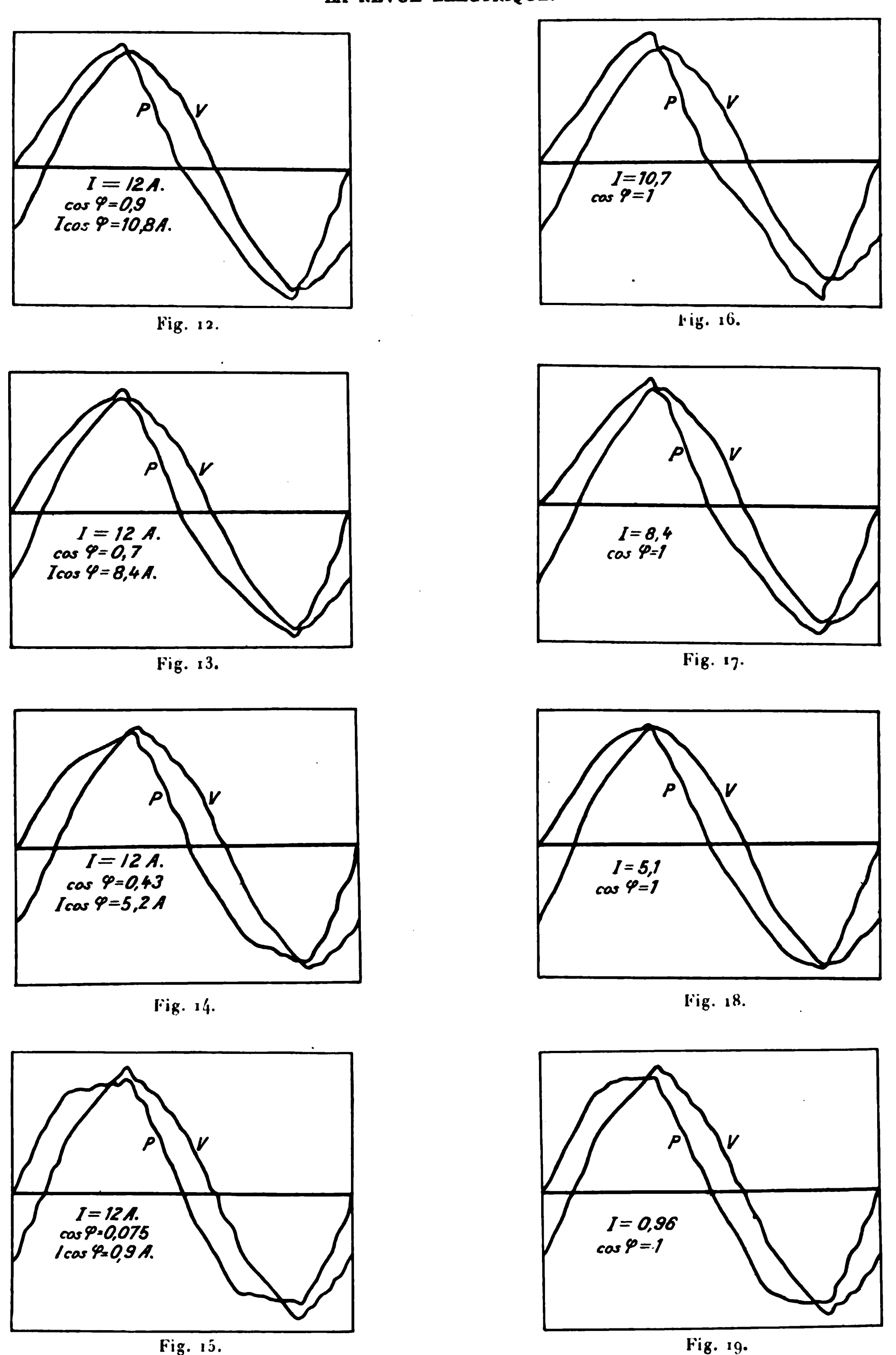


Fig. 12. Fig. 16.

Fig. 13. Fig. 17.

Fig. 14. Fig. 18.

Fig. 15. Fig. 19.

Fig. 12 à 19. — P, Tensions étoilées; V, tensions composées d'une génératrice triphasée, sous différentes charges.

cement a lieu sur la partie médiane seulement; mais il y a une surélévation de tension considérable, ce qui correspond au cas idéal de l'auto-excitation d'un alternateur par le courant en avance. Les résultats sont les mêmes, mais en sens contraire, que pour le décalage en arrière d'un quart de période. Si l'avance du courant

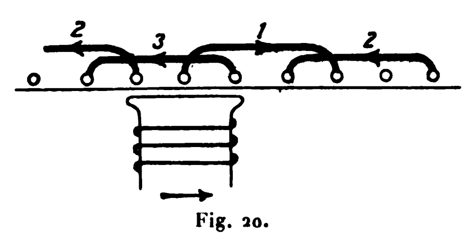


Fig. 20.

est comprise entre 0° et 90°, c'est encore la composante wattée qui produit la déformation symétrique dans le même sens que pour le décalage en arrière, car la bobine A renforce toujours le champ dans la région droite du pôle, tandis que la bobine B le renforce dans

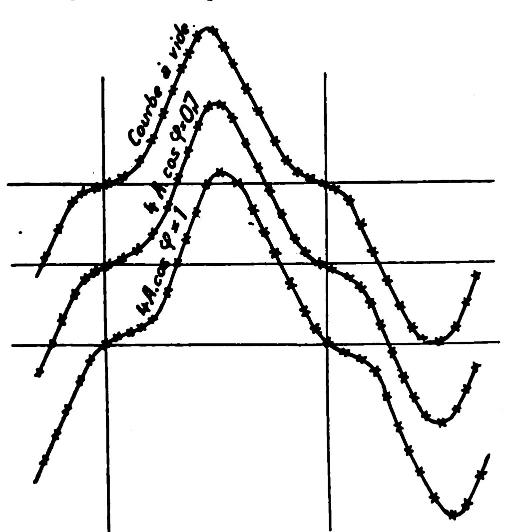


Fig. 21. — Oscillogrammes d'une génératrice triphasée à pièces polaires étroites.

la région gauche. Les courbes des figures 23 à 25 confirment ce fait. Elles ont été relevées sur la même machine munie des pièces polaires que les courbes des

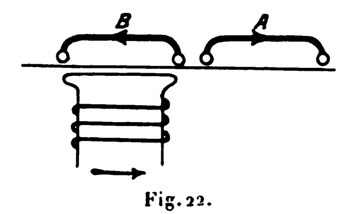
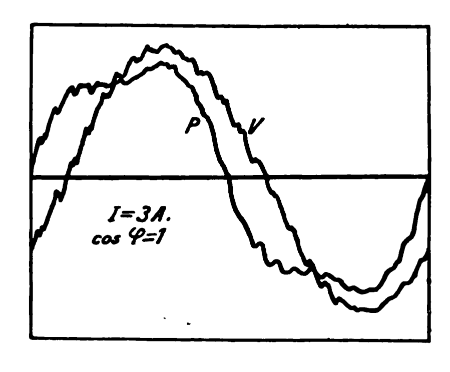
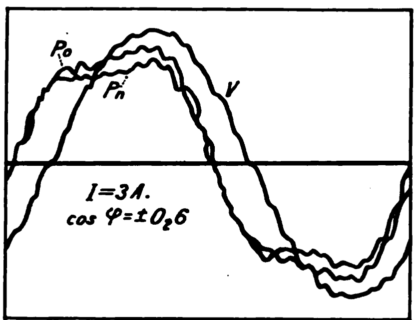


Fig. 22.

figures 2 à 5, seulement la machine alimentait un moteur synchrone disposé de façon à éliminer l'action perturbatrice de sa propre courbe. La figure 23 montre les courbes de tensions étoilée et composée de la génératrice, avec la même intensité qu'en figure 3. Le moteur synchrone était réglé à $\cos\varphi = 1$. Si l'on fait abstraction des harmoniques d'ordre 25 et 250 dus aux dents de ce





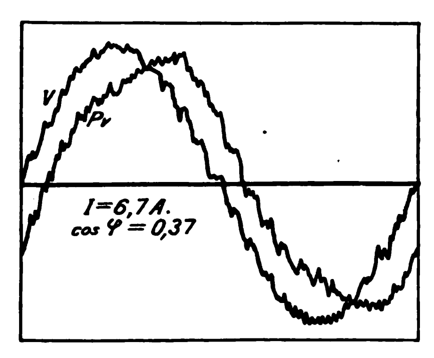


Fig. 23 à 25. — Oscillogrammes d'une génératrice triphasée alimentant un moteur synchrone; P, tension étoilée correspondant à $\cos\varphi = 1$; P_n et P_v, tensions étoilées en arrière et en avant pour $\cos\varphi \neq 1$; V, tensions composées correspondant à ces différents cas.

dernier, on voit que la déformation de l'onde a lieu dans le même sens que pour la figure 3 où la génératrice alimentait un circuit de lampes à incandescence. La figure 24 donne les courbes de tension étoilées quand le courant est décalé en arrière P_n et en avant P_v (l'intensité et le facteur de puissance étant les mêmes). On voit que, dans les deux cas, les déformations ont lieu dans le même sens; on a seulement changé l'échelle des ordonnées pour séparer les courbes. Un courant fortement en avance sur la tension donne une courbe pointue (*fig.* 25). (Les positions réciproques des

courbes P et V sont renversées par rapport aux figures précédentes, parce qu'on a par mégarde relevé la tension composée entre deux autres bornes). De la comparaison des oscillogrammes 23 et 3, il ressort que la tension étoilée P_v présente une pointe, tandis que le décalage en arrière se traduit par un ensellement dans les figures 4 et 5. Les courbes P_v et P_n de la figure 24 présentent les mêmes particularités, pointe et ensellement.

Influence des harmoniques d'ordre élevé. — Les considérations précédentes s'appliquent aux déformations de l'onde fondamentale limitée aux harmoniques inférieurs jusqu'au neuvième au plus, déformations dues à la forme des épanouissements polaires et des bobines induites. Les harmoniques d'ordre supérieur, provenant des bords des dents et bords des projections polaires, sont, au contraire, peu influencés, alors même que l'onde fondamentale aurait subi une forte distorsion. C'est ce que montrent les figures 10 à 19 qui renferment l'harmonique 23. Avec une charge non inductive, c'est-à-dire pour un courant complètement watté, ces harmoniques conservent toute leur amplitude aussi bien dans la courbe du courant que dans celle de la tension. Mais ils sont fortement atténués dans l'onde de tension quand le courant déwatté est fort (*fig.* 26 et 27). P_0

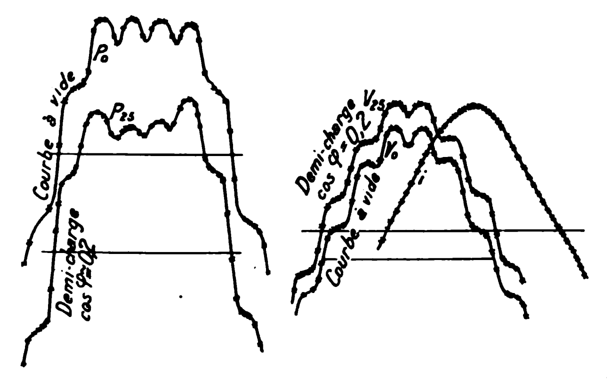


Fig. 26. — Tension étoilée d'une génératrice triphasée, à vide et à demi-charge, pour $\cos\varphi = 0,2$.

Fig. 27. — Courbes des tensions composées et du courant, relevées sur la même génératrice que celles de la figure 26.

et V_0 représentent les courbes des tensions étoilée et composée d'une machine d'un ancien modèle à larges pièces polaires qui donnent naissance à un harmonique du 3e ordre bien accusé; c'est à lui que la courbe de tension étoilée doit sa forme aplatie. Il y a encore l'harmonique 11 qui provient de la petitesse de l'entrefer. P_{25} et V_{25} sont les courbes de tension correspondantes pour $i = 25$ ampères et $\cos\varphi = 0,2$ environ, c'est-à-dire pour un fort courant déwatté : 24,5 ampères (le débit normal de la génératrice est de 50 ampères). i représente l'onde du courant où se fait le plus sentir l'harmonique 11. En effet, si l'on néglige la résistance ohmique, on sait que $I_{11} = \frac{E_{11}}{11 \times 2\pi f \lambda}$. La résistance inductive étant multipliée par 11, cette intensité est très faible, bien que E_{11} soit à peu près le $\frac{1}{9}$ de la tension E_0 de l'onde fondamentale. L'harmonique 11 disparaît donc de l'onde du courant qui tend alors à égaliser les variations magnétiques dues aux bords des dents, et il est bien moint accusé dans les courbes P_{25} et V_{25} que dans les courbes P_0 et V_0 de tension à vide.

Influence d'un courant de capacité. — Un courant de capacité tend, au contraire, à renforcer les harmoniques supérieurs, et plus dans la courbe du courant que dans celle de la tension; car, pour un terme d'ordre n, le courant de capacité correspondant est $I_n = n.\,2\pi f.\,C.\,E_\eta$, c'est-à-dire n fois l'intensité de l'onde fondamentale. Dans la figure 28, V_0 est la courbe

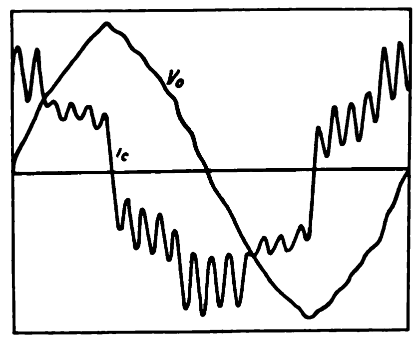


Fig. 28. — V_0, courbe de tension à vide; i_c, courbe du courant de capacité d'un condensateur à mica.

de tension à vide et i_c la courbe du courant de capacité d'un condensateur à mica de 5 microfarads. Ces courbes renferment les harmoniques 5 et 23, qui sont bien plus accusés dans la courbe du courant que dans celle de la tension. (L'harmonique 5 se manifeste dans la première par 3 dentelures suivies d'une chute brusque sur chaque moitié de la courbe). Le courant de l'harmonique 23 est en avance de 90° sur le terme correspondant de la tension, et le renforcement du champ qu'il produit sur les bords des dents s'explique par les mêmes considérations que celles que nous avons développées à propos de l'élévation de tension et de la pointe de l'onde fondamentale. Ces dernières particularités sont mises en évidence dans les courbes de la figure 29 où V_0 représente l'onde de tension sans condensateur (la même que dans la figure 28) et V_c, la même onde avec condensateur. Dans les condensateurs à papier et les câbles qui absorbent un courant watté assez fort, ces phénomènes peuvent très bien passer inaperçus. Les harmoniques

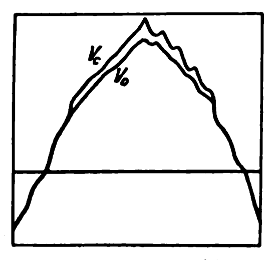


Fig. 29. — V_0, courbe de tension à vide; V_c, courbe de tension après intercalation du condensateur à mica de la figure 28.

supérieurs sont donc plus particulièrement influencés par la composante déwattée, et les harmoniques inférieurs, par la composante wattée.

Ces recherches s'appliquent uniquement aux machines ordinaires à flux alterné; il n'est pas impossible que les résultats soient tout autres dans des machines de type différent, par exemple les machines homopolaires.

Conclusions. — I. La déformation dissymétrique de l'onde de tension (de la tension étoilée dans les génératrices triphasées), par suite de la réaction d'induit, dépend principalement de la composante wattée du courant; elle se produit dans le même sens et avec la même intensité, que le courant soit en arrière ou en avance de la tension. C'est encore la composante wattée qui a une action prépondérante dans la chute de tension (courant en arrière) et de la surtension (courant en avance).

II. Toutes choses égales d'ailleurs, les déformations de l'onde de tension sont d'autant plus faibles que les pièces polaires sont plus petites; elles se manifestent moins dans les génératrices triphasées que dans les génératrices monophasées.

III. Les harmoniques 3 et 9 sont ceux qui introduisent les plus grandes perturbations dans l'onde de tension sous l'action de la composante wattée. Comme ils sont éliminés de la tension composée, celle-ci n'éprouvera que des déformations insensibles.

IV. Les harmoniques au-dessus de 3 et 9 (dus aux dents de l'induit) sont surtout influencés par la composante déwattée. Ils sont affaiblis si le courant est en arrière et renforcés si le courant est en avance.

SURVOLTEURS.

Survolteurs et survolteurs-dévolteurs pour batteries-tampons, par F. Loppé (*Industrie électrique*, t. XV, 10 juillet 1906, p. 306-310). — Dans cet article l'auteur examine les divers types de survolteurs et de survolteurs-dévolteurs utilisés concurremment avec les batteries-tampons ; quelques-uns des renseignements qui y sont contenus sont empruntés à une conférence récente de M. Liebenow à la Société électrotechnique de Dresde.

L'auteur rappelle tout d'abord le but de ces appareils: ajouter dans le circuit de la batterie, placée en dérivation sur la génératrice principale, une force électromotrice de même sens que celle de la batterie quand la charge du réseau dépasse une limite prévue, et une force électromotrice de nom contraire quand la charge du réseau est faible ; en d'autres termes, aider la décharge de la batterie ou la charge de celle-ci suivant que la puissance demandée sur le réseau est supérieure ou inférieure à la puissance de la génératrice. Les survolteurs ne peuvent réaliser que la première opération ; les survolteurs-dévolteurs réalisent successivement les deux. Les uns et les autres sont constitués par une dynamo à vitesse constante actionnée par un moteur (électrique ou autre) et dont l'excitation est automatiquement variable; cette variation peut être obtenue soit par variation directe du courant d'excitation, soit par variation indirecte, le courant d'excitation étant alors fourni par une excitatrice auxiliaire actionnée par le même moteur que le survolteur et ayant elle-même une excitation automatiquement variable.

M. Loppé indique ensuite les divers procédés qui peuvent être employés pour assurer la variation d'excitation du survolteur ou de son excitatrice ; ce sont : 1° un enroulement A (*fig.* 1) parcouru par le courant de charge ou de décharge de la batterie ; 2° un enroulement B (*fig.* 2) disposé en dérivation sur les bornes

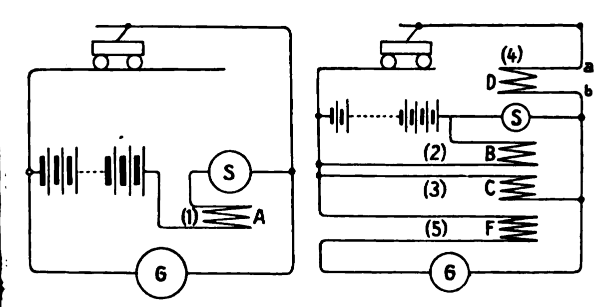


Fig. 1 et 2. — Schémas des divers modes d'excitation.

de la batterie ; 3° un enroulement C (*fig.* 2) en dérivation sur la génératrice ; 4° un enroulement D (*fig.* 2) traversé par le courant de ligne ou par un courant d'intensité proportionnelle dérivé des bornes *a* et *b* d'une résistance intercalée dans la ligne ; 5° un enroulement F (*fig.* 2) traversé par le courant de la génératrice ou par un courant d'intensité proportionnelle dérivé des bornes *c* et *d* d'une résistance intercalée ; 6° un quelconque de ces enroulements dans le circuit duquel on intercale une dynamo tournant à vitesse constante. On peut d'ailleurs combiner ces divers procédés.

Après ces préliminaires, M. Loppé passe en revue les survolteurs et survolteurs-dévolteurs.

Survolteurs. — Si l'on emploie un seul des circuits indiqués en figure 2 pour l'excitation de la dynamo du groupe survolteur ou de son excitatrice, cette dynamo ne peut fonctionner que comme survolteur, c'est-à-dire qu'elle ajoute toujours sa tension à celle de la batterie. La seule application de cette disposition est celle indiquée par M. Mailloux dans un brevet américain datant de 1899 : la bobine excitatrice du survolteur était parcourue par le courant de ligne (*fig.* 3). Dans ce sys-

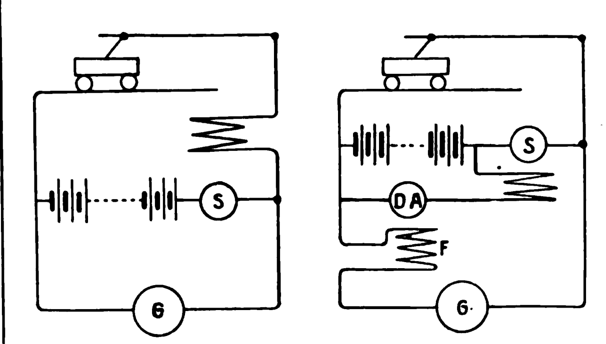


Fig. 3. — Système Mailloux. Fig. 4. — Système Highfield.

tème la batterie comporte un nombre d'éléments assez restreint pour qu'elle se charge quand la ligne est par-

courue par un faible courant; pour une charge moyenne de la ligne, on s'arrange pour que la tension de la batterie ajoutée à celle du survolteur équilibre la tension de la génératrice. Le réglage est très bon, la dynamo génératrice peut être compound et ce système peut être employé dans le cas d'une distribution de lumière.

Survolteurs-dévolteurs a circuit d'excitation unique. — Pour qu'un survolteur puisse également fonctionner comme dévolteur, il faut que son flux magnétique s'inverse; par suite, s'il ne possède, qu'un seul circuit d'excitation, il faut que le courant puisse s'y inverser. Or, des cinq premiers moyens indiqués plus haut pour assurer l'excitation, le premier seul remplit cette condition; avec les quatre autres il faut intercaler dans le circuit de l'enroulement une dynamo auxiliaire ou employer tout autre dispositif faisant varier le sens du courant dans ce circuit; M. Thury a adopté cette dernière solution; M. Highfield, M. Chamberlain et M. Liebenow ont utilisé la première.

Système à circuit unique simple. — C'est le système représenté par la figure 1. Dans ce système la tension aux bornes de la dynamo génératrice varie légèrement et l'on détermine le nombre d'éléments de la batterie, de manière qu'au repos sa tension soit égale à la tension de la dynamo correspondant à la charge moyenne du réseau. Si la charge du réseau augmente, le débit de la génératrice croît, de sorte que sa tension baisse légèrement et la batterie commence à se décharger; ce courant de décharge excite le survolteur qui entre en action et ajoute sa tension à celle de la batterie. Si la charge du réseau diminue, c'est l'inverse qui a lieu et la batterie se charge. En somme le fonctionnement est absolument le même que s'il n'y avait pas de survolteur-dévolteur, mais le réglage est beaucoup plus sensible et les variations de tension et de charge de la génératrice beaucoup moins grandes.

Système Highfield (*fig.* 4). — On utilise le circuit branché aux bornes de la batterie (enroulement B de la figure 2) et la dynamo auxiliaire DA placée dans ce circuit est excitée en dérivation ou compoundée, de sorte que sa tension est pratiquement constante. Le réglage de la tension est tel qu'elle équilibre la tension de la batterie à l'état de repos. Quand celle-ci se décharge ou se charge, les tensions ne s'équilibrent plus et un courant circule dans l'enroulement B. Dans ce système la tension de la dynamo génératrice doit varier légèrement; en pratique on ne l'emploie qu'avec des excitations multiples comme on le verra plus loin.

Système Chamberlain (*fig.* 5). — Il ne diffère du précédent qu'en ce que la dynamo auxiliaire, au lieu d'avoir une excitation fixe, a un circuit d'excitation parcouru par le courant de la génératrice (ou par une dérivation de ce courant). On règle les excitations pour que l'équilibre des tensions ait lieu pour la charge moyenne de la génératrice. La valeur de la charge dont dépend le réglage est forcément un peu variable.

Système Liebenow (*fig.* 6). — L'excitation de la dynamo auxiliaire est fournie par le courant de ligne; on peut ainsi maintenir la charge de la génératrice pratiquement constante ainsi que sa tension aux bornes.

Système Thury (*fig.* 7). — L'enroulement d'excitation est branché aux bornes de la génératrice; un régulateur spécial fait varier l'intensité et le sens du courant qui y circule. Ce régulateur est actionné par

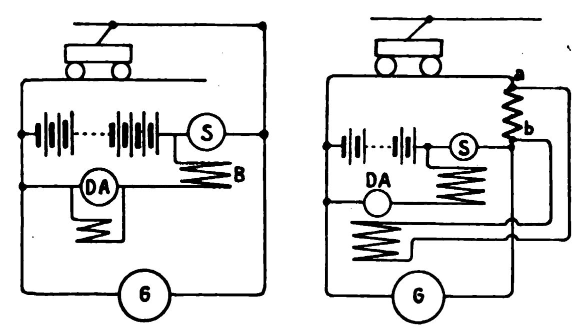


Fig. 5. — Système Chamberlain. Fig. 6. — Système Liebenow.

l'intermédiaire d'un voltmètre à contacts, lequel peut être branché aux bornes de la génératrice, et est alors influencé par les variations de tension, ou bien branché aux bornes d'une résistance placée dans le réseau et alors influencé par les variations de charge du réseau, de sorte que la tension de la génératrice peut être maintenue constante; la figure 7 suppose le voltmètre branché sur la ligne. Suivant que la charge du réseau est

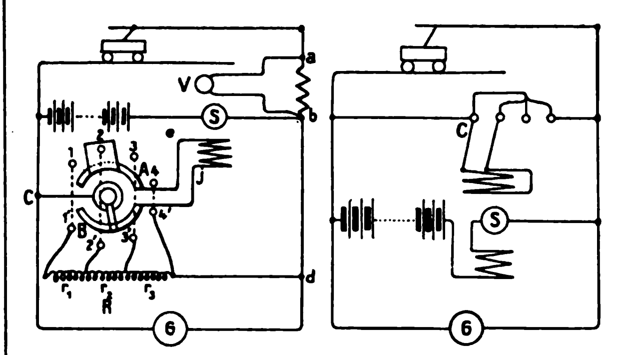


Fig. 7. — Système Thury. Fig. 8. — Système Jacob.

forte ou faible, la différence de potentiel entre *a* et *b* est supérieure ou inférieure à une valeur moyenne; l'aiguille du voltmètre étant réglée de manière à se trouver à égale distance de deux contacts pour cette valeur moyenne, toute variation de la charge amènera l'aiguille contre un des contacts et ce contact fermera un relais actionnant un commutateur tournant, que montre schématiquement la figure; quand la branche épaisse de ce commutateur est sur l'un des plots 1, 2, 3, 4, le courant d'excitation circule dans le sens *cejd* et est d'autant plus intense que le numéro du plot est plus élevé : ces positions correspondront par exemple au cas d'une surcharge sur le réseau. Si la charge du réseau diminue, alors le commutateur, commandé, comme il a été dit, par le voltmètre et le relais, tournera dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et viendra successivement en 4, 3, 2, 1. Si la charge continue à diminuer, le mouvement du commutateur continuera dans le même sens, la branche épaisse passera successivement

sur les plots 1', 2', 3', 4', et le courant d'excitation se trouvera inversé. Ce mode de réglage est plus lent que les précédents, mais il permet de maintenir la tension entre des limites aussi étroites que l'on veut en subdivisant la résistance R en un grand nombre de parties r_1, r_2, ...

SURVOLTEURS-DÉVOLTEURS A CIRCUITS D'EXCITATION MULTIPLES. — Le survolteur-dévolteur ou son excitatrice comporte toujours au moins deux circuits d'excitation dont les ampères-tours sont opposés et se font équilibre lors de la charge moyenne du réseau. Quand l'excitation dépend soit du courant de ligne, soit du courant de la génératrice, la tension aux bornes de cette dernière peut être maintenue constante : on peut alors utiliser une génératrice compound. Il y a naturellement un grand nombre de combinaisons possibles, car on peut au besoin employer trois circuits ou même plus.

Système Jacob (*fig.* 8). — L'excitation se fait au moyen d'un enroulement série (*fig.* 2) et d'un enroulement parcouru par un courant dérivé sur le réseau ; un commutateur, mis en mouvement par les variations de tension du réseau, permet de faire agir ce dernier enroulement dans un sens ou dans l'autre. Ce système présente l'avantage de faire varier la valeur de la charge normale du réseau pour laquelle la batterie ne fonctionne pas. Il est employé au chemin de fer électrique de Liverpool à Southport (¹) : la station centrale fournit du courant triphasé à 7500 volts qui est transformé en courant continu à 600 volts dans quatre sous-stations réparties le long de la ligne ; ces sous-stations ne comportent pas de batteries, mais cinq batteries sont placées en divers points du réseau secondaire et sont munies chacune du dispositif Jacob. Ces batteries ne servent pas seulement de tampons mais encore de réservoirs d'énergie pour les services surchargés du soir et du matin.

Systèmes Mailloux et Mailloux-Pirani (*fig.* 9 *et* 10). — En 1899, M. Mailloux a fait breveter en Amérique les

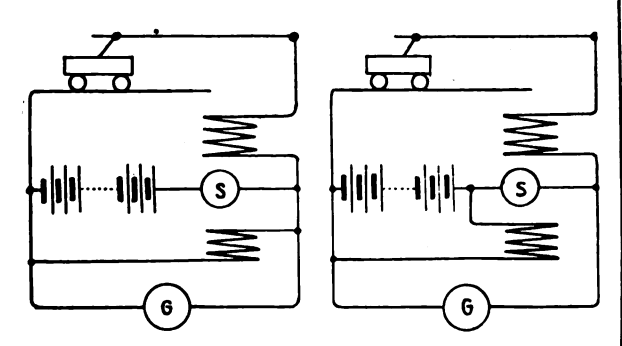


Fig. 9. — Système Mailloux. Fig. 10. — Système Mailloux-Pirani.

deux systèmes représentés par ces figures ; le dernier, connu en France sous le nom de système Pirani, est appliqué aux tramways de Poitiers et de Fontainebleau ; il est très sensible et peut être employé sur les distributions de lumière, mais le réglage en est un peu délicat, car il faut que les deux excitations s'équilibrent pour la charge moyenne du réseau et en même temps que la charge de la batterie se fasse à la tension voulue quand la charge du réseau est minimum.

(¹) *La Revue électrique*, t. I, 15 juin 1904, p. 336-342.

Système Pirani-Siemens (*fig.* 11). — Le survolteur-dévolteur est muni d'une excitatrice E montée sur le même arbre et c'est cette excitatrice qui est excitée par les enroulements Pirani. La maison Siemens et Halske, concessionnaire pour l'Allemagne du système Pirani, revendique en faveur de cette disposition les avantages suivants : 1° le réglage est plus facile, car on peut régler une fois pour toutes les excitations à équilibre quand le réseau est moyennement chargé, le réglage de la tension de charge de la batterie pouvant se faire ensuite en faisant varier la résistance intercalée dans le circuit principal de l'excitatrice ; 2° comme les excitations sont faibles on peut n'employer qu'une dérivation faible du courant de ligne et par conséquent intercaler dans la ligne, entre *a* et *b*, une faible résistance seulement. — Un système analogue a été appliqué par la maison Siemens-Schuckert dans la distribution à courant continu à 900 volts du chemin de fer de Cologne à Bonn. L'enroulement du survolteur est divisé en deux moitiés que l'on place en parallèle pendant le tamponnage et que l'on met en série le soir pour achever de charger la batterie.

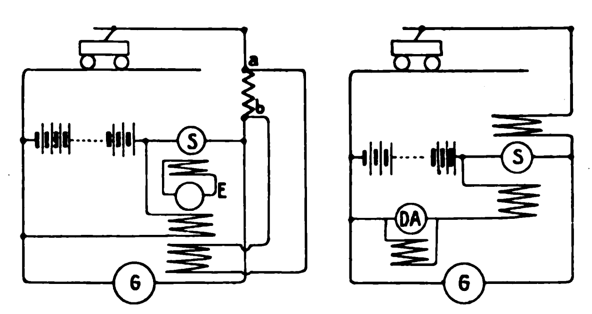


Fig. 11. — Système Pirani-Siemens. Fig. 12. — Système Highfield perfectionnné.

Système Highfield perfectionné (*fig.* 12). — Ce système, fréquemment employé en Angleterre, a une très grande sensibilité et permet d'employer une génératrice compound ou même hypercompound.

ACCUMULATEURS.

Sur le chauffage des moules à plaques d'accumulateurs, par F. HERKENRATH (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VII, 5 juin 1906, p. 145). — Pour les grilles, on emploie en général le plomb antimonié à une teneur comprise entre 6 et 12 pour 100 d'antimoine. A cause du prix élevé de l'antimoine et des réactions électrochimiques auxquelles il donne lieu, on a intérêt à réduire autant que possible la teneur en antimoine et à ne laisser que la quantité nécessaire pour obtenir la solidité mécanique désirée.

Le chauffage du plomb antimonié doit être fait avec soin. Si l'alliage est maintenu longtemps à une température relativement élevée, l'antimoine se volatilise et

vient former à la surface une couche d'oxyde qui se dissout en partie dans le plomb et rend le métal très cassant. Aussi convient-il de ne pas dépasser le point de fusion de l'antimoine (630° C.). On évite l'oxydation en recouvrant le bain métallique de charbon de bois ou en l'agitant avec une branche de bois vert, la vapeur d'eau et l'oxyde de carbone formés agissant comme réducteurs.

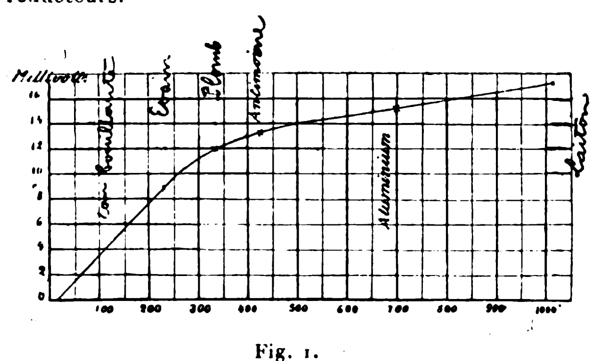


Fig. 1.

Pour mesurer la température du bain, il est commode de faire usage du pyromètre thermo-électrique. On construit économiquement un tel appareil en prenant un fil de fer et un fil de nickel, d'environ 2mm de diamètre, enfermés chacun dans un tube mince de 1m de longueur; on soude une extrémité au chalumeau oxhydrique et l'on enferme le tout dans un tube de porcelaine fermé à sa partie inférieure.

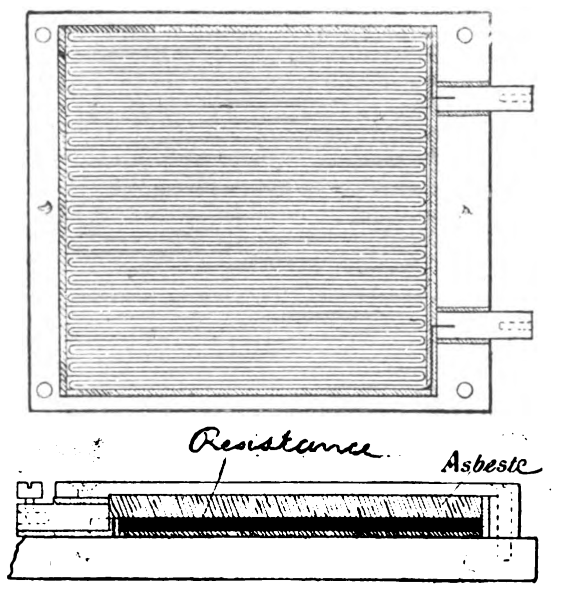


Fig. 2.

On mesure la force thermo-électromotrice à l'aide d'un millivoltmètre Weston. La courbe de la figure 1 indique la variation de la force thermo-électromotrice en fonction de la température.

Pour des moules ordinaires et de grosse masse, il suffit de chauffer le moule au début. Mais, s'il s'agit de grilles minces et compliquées, le moule doit être chauffé constamment pendant la coulée. Ordinairement ce chauffage se fait par une rampe à gaz. Il est préférable d'employer le chauffage électrique. La figure 2 montre un moule ainsi disposé. Comme résistance on emploie une lame de fer de $0^{mm},25$ à $0^{mm},5$ d'épaisseur, repliée en zigzag. Le fond du compartiment réservé à la résistance est garni d'amiante et d'une mince feuille de mica. Entre les plis de la résistance sont également des bandes de mica. Les deux extrémités de la résistance aboutissent à deux bornes isolées.

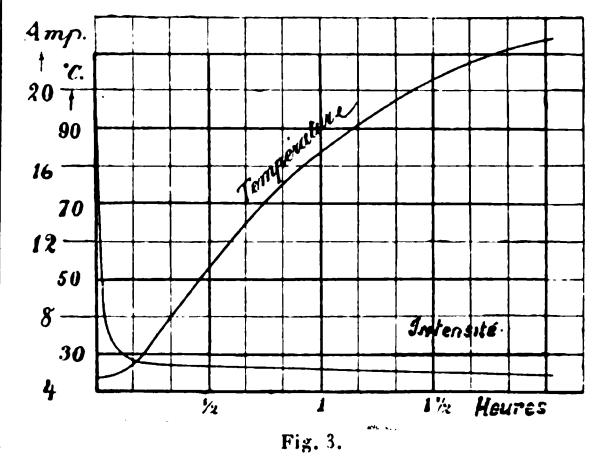


Fig. 3.

La figure 3 montre comment varient en fonction du temps la température et l'intensité (sous 110 volts) pour un moule destiné à fabriquer des électrodes, pour éléments transportables, ayant comme dimensions $150^{mm} \times 200^{mm} \times 3^{mm},5$. L. J.

Générateur thermochimique d'électricité. L.-P. Basset (Brevet français 356442 du 27 juillet 1905). — Dans cette pile on utilise l'acide sulfureux et le brome; la réaction chimique se traduit par l'équation :

$$SO^2 + 2H^2O + 2Br = SO^4H^2 + 2HBr.$$

La figure 1 montre le schéma d'une installation et la figure 2 une vue en coupe longitudinale de la pile.

Cette pile est constituée par une caisse hermétique 5 dans laquelle sont placées des électrodes en charbon 6 entre lesquelles sont disposées des cloisons poreuses 7 en terre de pipe. Les espaces 8 sont reliés entre eux de telle façon qu'un liquide entré par le conduit 10 sorte par le conduit 11, après les avoir tous parcourus. De même les espaces 9 sont reliés entre eux et aux conduites 12 et 13.

Les deux électrodes extrêmes sont respectivement reliées aux bornes 14 et 15 d'un circuit 16 d'utilisation du courant. Le réservoir 17, en communication avec la conduite 10, renferme de l'acide sulfureux additionné d'une solution étendue d'acide sulfurique.

Le réservoir 18, relié à la conduite 12, contient du brome et de l'acide sulfurique étendu.

Les conduites d'évacuation 11 et 13 sont raccordées à un même tuyau 19, aboutissant à la pompe 20, ac-

tionnée par le moteur électrique 21. Le tuyau de refoulement 22 de la pompe aboutit à la partie inférieure d'un réservoir 23, et un tuyau 24 partant de ce dernier est enroulé autour de 22 et est raccordé à la partie inférieure d'un réservoir 25 et à un tuyau 26.

La partie inférieure du réservoir 25 est en communication par le tuyau 27 avec l'extrémité inférieure d'un réservoir 28 dont la partie supérieure est reliée, par un tuyau 29 formant serpentin dans le réfrigérant 30, avec le dôme du réservoir 23.

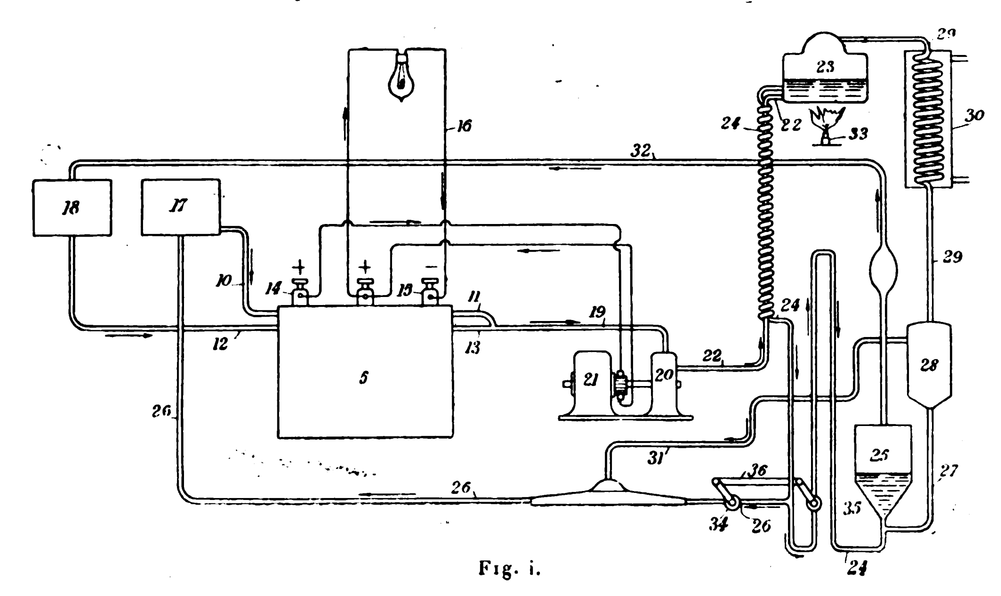


Fig. 1.

Le réservoir 28 communique aussi par 31 avec le tuyau 26 et le réservoir 25, par le tuyau 32, avec le réservoir 18.

Le réservoir 23 peut être chauffé par la source de chaleur 33. Les robinets 34 et 35, reliés par la bielle 36, sont réglés de telle façon qu'il passe autant de liquide par le tuyau 26 que par le réservoir 25.

Les liquides réagissent dans la pile d'après l'équation donnée ci-dessus et la force électromotrice produite est de 0,63 volt.

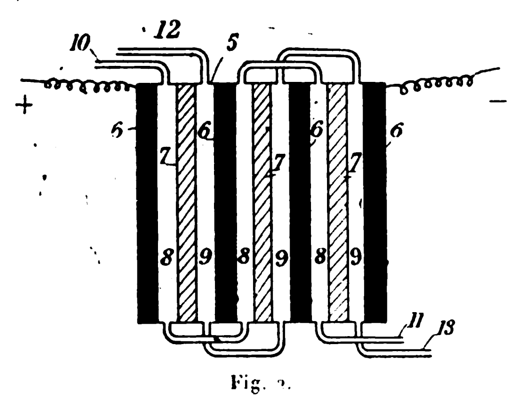


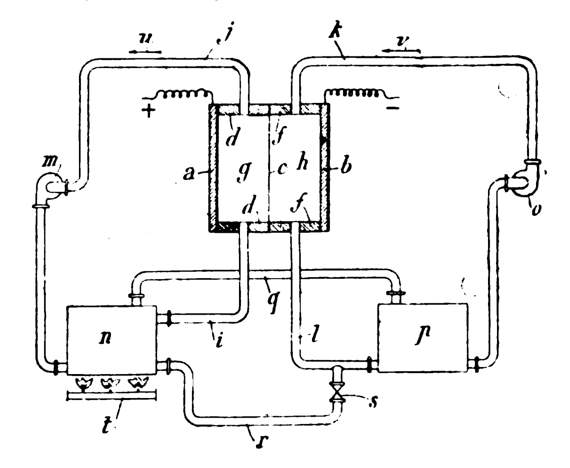
Fig. 2.

La solution épuisée, mélange d'acides sulfurique et bromhydrique, est envoyée par la pompe dans le réservoir 23. Sous l'action de la chaleur, ces acides se décomposent en acide sulfureux et brome. Ce dernier se condense dans le serpentin 29 et tombe dans le réservoir 25. L'acide sulfureux qui arrive à l'état gazeux dans le réservoir 28 s'échappe par des tuyaux 31 et 26.

L'acide sulfurique en excès, en solution dans l'eau, s'écoule par 24 en abandonnant sa chaleur aux liquides épuisés arrivant par 22. Cet acide sulfurique passe en partie dans le réservoir 25, puis dans le réservoir 18, et en partie dans le réservoir 17 par le tuyau 26.

Les liquides primitifs sont ainsi régénérés, puisque c'est une solution de brome et d'acide sulfurique qui retourne au réservoir 18 et une solution d'acide sulfureux et d'acide sulfurique qui retourne au réservoir 17.

Générateur thermochimique d'électricité. L.-P. Basset (Brevet français 356073 du 10 juillet 1905). —



La figure 1 représente schématiquement cette pile. Dans ce dessin, *a* et *b* sont deux plaques d'argent do-

rées ou platinées sur une de leurs faces (celle de droite ici). Une cloison poreuse *c* est interposée et tenue à distance à l'aide de cadres d'amiante *d* et *f*, de sorte que l'élément est divisé en deux compartiments *g* et *h*.

Le réservoir *n*, chauffé par la source de chaleur *t*, contient du sulfate d'argent hydraté; le réservoir *p* renferme de l'acide sulfureux additionné d'acide sulfurique. Les pompes *m* et *o* amènent ces liquides dans les compartiments de la pile. La plaque *a* forme le pôle positif et *b*, le pôle négatif. La réaction qui se produit est la suivante :

$$SO^4Ag^2 + 2H^2O + SO^2 = Ag^2 + 2SO^4H^2.$$

Alors qu'il est entré dans *g* du sulfate d'argent hydraté par le tuyau *i*, il en sort, par le tuyau *j*, de l'argent en suspension dans l'acide sulfurique. Dans la capacité *h* il est entré par *k* de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique; il en ressort par *l* de l'acide sulfurique.

En chauffant le réservoir *n*, l'argent repasse à l'état de sulfate d'argent et il se reforme de l'acide sulfureux qui passe par le tuyau *q* dans le réservoir *p*. Le tuyau *r* sert à régler le dosage des liqueurs en acide sulfurique.

Par la circulation continue des liqueurs on obtient ainsi un courant également continu. La force électromotrice est de 0,6 volt environ.

Accumulateur électrique. A. Dinin et U. Schoop (Brevet français 356 867 du 4 août 1905). — On sait que, dans les électrodes d'accumulateurs alcalins, la matière active 1 (*fig.* 2) est disposée sous forme de briquettes

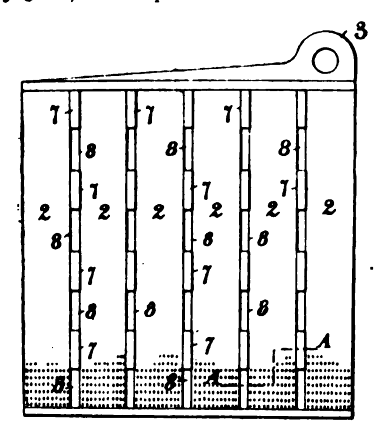


Fig. 1.

entre des feuilles métalliques perforées, en nickel ou en acier nickelé. Ordinairement les enveloppes de ces briquettes sont agrafées ou soudées ensemble, ou refoulées dans un châssis, les bords des briquettes se repliant. Dans le procédé breveté ici, l'enveloppe de la matière active est formée de deux feuilles métalliques 4 et 5 (*fig.* 3), présentant des parties de leur surface 2 préalablement perforées. Les surfaces perforées 2 sont séparées par des bandes intermédiaires non perforées.

Dans ces parties intermédiaires non perforées on repousse un certain nombre d'ondulations 7 au-dessous desquelles on perce des fentes 8 (*fig.* 1). En assemblant les feuilles 4 et 5 de manière que les saillies 7 de l'une pénètrent dans les fentes 8 de l'autre, on forme de chaque côté des passages de section circulaire

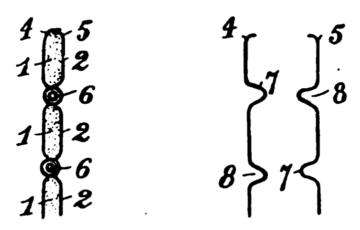


Fig. 2 et 3.

(*fig.* 2, coupe AA' de *fig.* 1) destinés à recevoir une tige 6 de même section. On obtient ainsi une électrode rigide et dans laquelle la résistance opposée au passage d'un élément à l'élément voisin est presque nulle.

Dispositifs constructifs d'électrodes positives et négatives d'accumulateurs à électrolyte alcalin. C. Humbert (Brevet français 359 732 du 23 novembre 1905). — L'électrode positive est constituée par des feuilles de nickel perforées de trous formant sétons ou râpe. Ces feuilles sont découpées en forme de lamelles que l'on superpose en ayant soin que la face côté râpe d'une lamelle soit contre la face lisse de la lamelle voisine. L'assemblage se fait à l'aide de tiges boulonnées ou rivées qui les traversent de part en part, en logeant cet ensemble entre deux barres en métal ou en matière isolante, les pattes de connexion desdites lamelles étant elles-mêmes reliées entre elles par un boulon de serrage à contre-écrou.

Pour l'électrode négative, des plaquettes, contenant la matière active, sont superposées et assemblées à l'aide de boulons avec interposition de rondelles d'écartement. Ces plaquettes sont formées au moyen de feuilles de nickel plissées et perforées dont on replie les côtés en laissant les sétons dus aux perforations à l'intérieur de la boîte ainsi obtenue. La boîte est placée dans un moule et soumise à l'action d'une presse hydraulique.

Les bandes de connexion des plaques sont réunies entre elles à l'aide d'un boulon à contre-écrou.

Accumulateur alcalin. A. Dinin et M.-U. Schoop (Brevet français 360612 du 27 novembre 1905). — Jusqu'ici on a employé des pochettes métalliques finement perforées et renfermant la matière active. Mais la fabrication de ces pochettes est difficile et coûteuse, les matrices employées s'usant rapidement. En outre elles présentent un grand défaut dû à la chute de la matière active. Il est, en effet, impossible d'éviter que, même avec les perforations les plus fines, des particules de matière active ne soient entraînées par les gaz. L'emploi du graphite en gros flocons retarde cette chute mais ne l'empêche pas complètement.

En enveloppant la plaque de substances poreuses et non conductrices (laine de verre, tissu d'amiante, etc.), on n'évite pas non plus la chute de matière, la plupart des substances étant attaquées par l'alcali et les pores

se bouchant facilement, ce qui fait diminuer la capacité.

La présente invention, qui a pour but d'éviter la chute de la matière, consiste à envelopper les briquettes comprimées de matière active dans une toile métallique très fine en fil de fer ou d'acier nickelé ou en fil de nickel pur. La briquette dans son enveloppe est, à son tour, enfermée dans une seconde enveloppe en tôle métallique (fer ou acier nickelé ou nickel pur) munie d'une certaine quantité de trous, d'un diamètre relativement grand. Ces trous sont entièrement estampés, de sorte que la face intérieure de l'enveloppe n'est pas rugueuse comme lorsqu'on emboutit. Afin d'obtenir une plus grande résistance de l'enveloppe extérieure de la pochette et en même temps une augmentation de sa surface, il est bon de la munir, par compression, de rainures ou d'ondulations.

Mode de peroxydation et de formation des plaques positives de nickel pour accumulateurs à électrolyte alcalin. P. GOUIN (Brevet français 360664 du 4 mars 1905). — Sur la plaque de nickel, on dépose une mince couche d'azotate de nickel préalablement dissous. On porte ensuite à la température de 500° à 600° C. qui transforme le nitrate en Ni^2O^3.

Un brossage énergique enlève les parties non adhérentes. On répète plusieurs fois ces opérations jusqu'à obtention d'une couche suffisante. La plaque est enfin chargée comme cathode dans un bain alcalin à une densité de 1 à 2 ampères par décimètre carré pendant 100 à 300 heures. Le Ni^2O^3 se transforme en NiO^2 et la plaque est prête à servir après lavage.

Élément d'accumulateur et batterie. E. BROUSSEAU (Brevet français 361058 du 30 novembre 1905). — Il s'agit ici de l'accumulateur au bromure de zinc. Pour éviter les actions locales, on divise l'électrolyte en deux parties à l'aide d'une cloison poreuse. La partie en contact avec l'électrode négative et son dépôt de zinc reste fixe. L'autre partie est mobile, ce qui permet d'éliminer le brome formé, de le recueillir dans un réservoir et de ne le restituer que proportionnellement aux besoins. La circulation du brome et du bromure de zinc est assurée à l'aide d'une pompe aspirante et foulante, aspirant en même temps le bromure du réservoir et le brome de l'élément. La plaque de charbon positive présente sur ses faces des évidements et des canaux permettant de distribuer le bromure et d'aspirer le brome. Les plaques de zinc forment des compartiments qui reçoivent les dépôts de zinc. Des robinets conjugués permettent de puiser ou de refouler dans l'un ou l'autre des compartiments du réservoir le bromure de zinc ou le brome.

L. J.

USINES ÉLECTRIQUES.

Prix de revient de l'énergie électrique à Bristol (*Electrician*, t. LVII, 17 août 1906, p. 703). — Les installations de Bristol comprennent : 1° une usine génératrice située à Temple Back, contenant deux groupes Willans-Siemens de 400 kilowatts à courant alternatif simple à fréquence 93, un groupe Willans-Peebles de 400 kilowatts à courant continu, trois groupes Willans-Dick Kerr de 210 kilowatts à courant continu (ces trois groupes pour la force motrice), deux groupes Willans-Siemens de 165 kilowatts à courant continu (pour éclairage par arcs), deux groupes d'excitation Willans-Siemens de 50 kilowatts, de trois égalisateurs de tension d'une puissance totale de 100 kilowatts; 2° une usine située à Avonbank contenant deux groupes Willans-Siemens de 750 kilowatts à courant alternatif de fréquence 93; deux turbo-alternateurs Parsons de 750 kilowatts et un Parsons-Siemens de 600 kilowatts, 2000 volts fréquence 93; deux turbo-alternateurs Willans-Dick Kerr triphasés de 1000 kilowatts, 6000 volts, fréquence 50; un groupe à courant continu Willans-Dick Kerr de 210 kilowatts, et deux groupes Willans-Dick Kerr de 165 kilowatts; deux groupes d'excitation Willans-Westinghouse de 88 kilowatts; 3° deux sous-stations où les courants alternatifs à haute tension sont convertis en courant continu à 250 et 500 volts, au moyen de deux groupes moteur-générateur Peebles-La Cour, et d'une commutatrice Westinghouse de 300 kilowatts; 4° quatre-vingts sous-stations souterraines de transformateurs statiques abaissant à 105 et 210 volts la tension de 2000 volts du courant primaire et dont la puissance varie de 450 à 25 kilowatts; 5° un réseau d'environ 470^{km} de câbles.

A la fin de l'exercice 25 mars 1905-25 mars 1906, la puissance des appareils reliés au réseau était de 9085 kilowatts, dont 250 kilowatts pour l'éclairage public, 2965 kilowatts pour les moteurs et appareils de chauffage, et 5870 kilowatts pour l'éclairage privé. La puissance des usines était de 9050 kilowatts (6890 kilowatts à Avonbank et 2160 kilowatts à Temple-Back). Le maximum de la puissance demandée dans le cours de l'exercice a été de 4840 kilowatts. Le nombre de kilowatts-heures vendus s'est élevé à 5810968, dont 833602 pour l'éclairage public, 2183373 pour la force motrice et l'éclairage, et 2793993 pour l'éclairage privé.

Le prix de revient (évalué en pence) du kilowatt-heure vendu se décompose comme il suit :

Frais de génération :	d	
Charbon	0,346	
Huile, eau, etc	0,040	
Salaires	0,214	
Réparations, entretien	0,098	d
Total des frais de génération		0,698
Frais de distribution :		
Salaires	0,045	
Réparations, entretien	0,046	
Divers	0,007	
Surveillance, réparation, charbon des lampes publiques	0,079	
Total des frais de distribution	0,177	
Total des frais de génération et de distribution		0,875
Frais de direction et d'exploitation :		
Loyers, impôts et taxes	0,151	
Salaires	0,142	
Charges fixes et appointements	0,051	
Charges légales et d'assurance	0,025	
Divers		
Total des frais de direction	0,396	
Total des frais (moins les charges du capital)		1,271

Charges du capital :

Intérêts	0,828	
Amortissement	0,571	
Réserve pour renouvellement (1)	0,103	
Total des charges du capital	1,502	
Prix de revient total		2,773

Si l'on prend $0^{f},105$ pour la valeur du penny, on a donc, pour le prix de revient du kilowatt-heure vendu :

	f
Frais de génération	0,0733
Frais de distribution	0,0186
Frais de direction	0,0416
Charges du capital	0,1577
Total	0,2912

Le rapport d'où nous extrayons ces renseignements donne également le Tableau suivant, indiquant les frais de génération du kilowatt-heure vendu (toujours en pence) pour les deux derniers exercices dans les deux usines génératrices.

On remarquera que, pendant l'exercice 1904-1905, le prix de revient est moins élevé à Avonbank qu'à Temple-Back, ce qui est naturel, cette dernière usine étant moins puissante et plus ancienne que la première; pendant l'exercice 1905-1906, c'est l'inverse qui a lieu : en examinant le détail des dépenses, on constate que ce résultat paradoxal est dû à ce que les dépenses de réparations et d'entretien ont été beaucoup réduites à Temple-Back pendant le dernier exercice. En tout cas, il se dégage de ce Tableau ce fait intéressant, c'est que, dans l'une et l'autre usine, le prix de revient du kilowatt-heure vendu a diminué dans des proportions sensibles, ce qui tient sans nul doute à une augmentation du facteur d'utilisation des usines, le nombre des kilowatts-heures vendus ayant augmenté de près de 600000 d'un exercice à l'autre. Ajoutons, pour expliquer la divergence entre les frais de production indiqués plus haut (0,698 penny) et ceux indiqués dans le Tableau précédent, pour l'ensemble des deux usines pendant l'exercice 1905-1906 (0,796), que cette différence tient à des

	EXERCICE 1904-1905.			EXERCICE 1905-1906.		
	Temple-Back.	Avonbank.	Ensemble des deux usines.	Temple-Back.	Avonbank.	Ensemble des deux usines.
Charbon	0,527	0,391	0,442	0,372	0,329	0,346
Huile, eau, etc.	0,052	0,043	0,047	0,036	0,043	0,040
Salaires	0,255	0,233	0,290	0,216	0,212	0,259
Réparations, entretien	0,147	0,126	0,190	0,059	0,124	0,151
Totaux	0,981	0,793	0,969	0,683	0,708	0,796

modifications apportées dans la comptabilité au dernier moment. Dans le Tableau précédent, diverses dépenses, en particulier des salaires, ont été portées au compte des frais de production, alors que, dans l'établissement détaillé du prix de revient total, ces dépenses ont été portées au compte des frais de distribution. Mais cette modification dans la manière de répartir les dépenses n'a évidemment aucune influence sur les conclusions tirées de la comparaison des dépenses dans les deux usines pendant l'un et l'autre exercice.

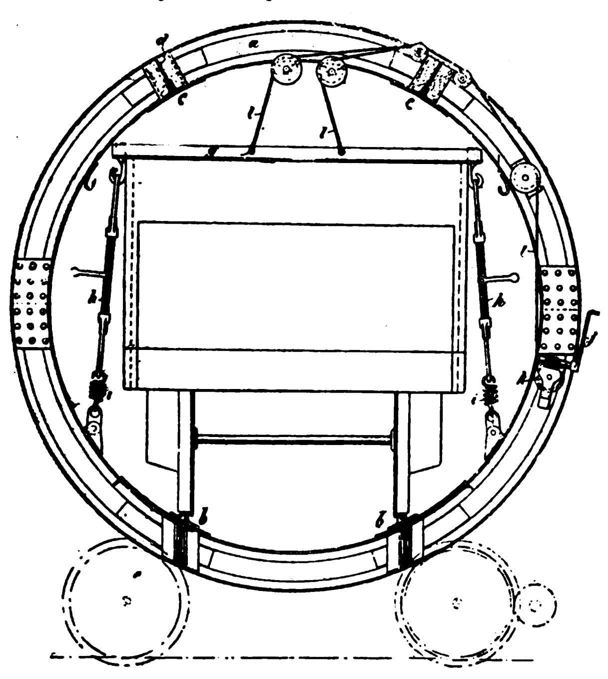
Usine à carbure de calcium de Freyung (Bavière) (*Journal de l'Électrolyse*, 1er août 1906, p. 7). — Cette usine, dont une partie a été mise en service en mars 1904 et dont l'autre partie vient d'être terminée, présente quelque intérêt par suite des travaux spéciaux qui ont dû être effectués pour utiliser intégralement une hauteur de chute de 137^{m} dont on disposait. — L'eau d'alimentation est fournie par deux rivières, la Saussbach et la Rechbach, qui se réunissent à 3^{km} au-dessous du bourg de Freyung. L'eau de la Rechbach est déversée dans la vallée de la Saussbach par un canal bétonné de 750^{m} de longueur; cette eau et celle de la Saussbach sont amenées à l'usine par un tunnel rectiligne de 1200^{m} de longueur et un conduit de fer de 230^{m} de longueur et $1^{m},60$ de diamètre. Mais, par suite de l'impossibilité de trouver un emplacement convenable au point le plus bas de la chute dont on disposait, on dut établir l'usine à peu près au milieu du parcours utilisé des cours d'eau. Dans ces conditions la hauteur de chute à l'usine n'est que de 74^{m}; elle est utilisée par 3 groupes électrogènes de 800 chevaux qui fonctionnent depuis mars 1904. Pour utiliser les 63^{m} de chute qui restaient, on se décida à creuser dans le roc, tout à côté de la salle des turbines de 800 chevaux, un puits vertical de 64^{m} au fond duquel furent installées deux nouvelles turbines de 1100 chevaux et relié au point le plus bas de la chute par un tunnel de décharge de 1100^{m} de longueur; ces deux dernières turbines, fournies comme les premières par Escher Wyss et Cie, sont accouplées à deux dynamos de l'A. E. G., situées dans la salle des machines, par deux arbres creux verticaux de 64^{m} de long. — Lorsque toutes les installations seront terminées, l'usine de Freyung pourra produire annuellement 3500 tonnes de carbure; le transport des matières premières, abondantes dans la région, et du carbure fabriqué, est assuré par un funiculaire reliant l'usine à la gare de Freyung.

Basculeur de charbon de la Metropolitan Electric Supply Co de Londres. (*Revue industrielle*, t. XXXVII, 18 août, p. 321). — Les usines de la Metropolitan Electric Supply Co, qui fournissent le

(1) Le calcul de cette réserve a été fait en se basant sur la durée probable du matériel établie par Sir W. Preece, ainsi qu'il a été dit dans une analyse parue dans le précédent numéro.



courant à plusieurs quartiers de Londres, possèdent une installatien remarquable au point de vue du rendement économique en général, et particulièrement à celui des dispositions prises dans le but de réduire



Basculeur de wagons, système Bennis.

dans tous les services la main-d'œuvre au minimum. Parmi ces dispositions, l'une des plus intéressantes est celle qui permet de vider d'un seul coup sur les transporteurs les wagons amenant le charbon à l'usine.

Cette opération est effectuée au moyen de deux basculeurs rotatifs, système Bennis. Chacun de ces appareils consiste en une sorte de cage cylindrique constituée par deux forts anneaux verticaux solidement entretoisés au moyen de quatre poutres horizontales. La figure ci-jointe, qui donne une élévation d'un basculeur, montre en *a* l'un des anneaux et en *b b*, *c c* les sections des quatre poutres. Les deux poutres inférieures supportent les rails, les deux supérieures portent des contre-poids destinés à équilibrer le poids des rails. L'écartement des anneaux est exactement égal à celui des essieux des wagons amenés dans le basculeur; leur diamètre est de $5^m,50$ et permet le passage des locomotives amenant les trains de charbon. Les bagues reposent chacune sur deux galets, *e*, dont l'un est actionné par un moteur électrique et entraîne la bague par frottement; ces galets ont des rebords destinés à s'opposer aux déplacements longitudinaux du basculeur.

Les manœuvres à effectuer sont les suivantes : on amène les wagons à décharger dans le basculeur; on abaisse les poutres *g* au moyen des câbles *l* et de la manivelle *j*; on serre les tendeurs *h*, fixés à des ressorts *i*, calculés de manière à céder à la pression résultant de la détente des ressorts de suspension du wagon au moment de sa décharge; enfin on met les moteurs électriques en action et l'on fait faire un tour complet au basculeur.

La puissance nécessaire pour faire tourner l'appareil est extrêmement faible, car, d'une part, le basculeur lui-même est parfaitement équilibré par rapport à son axe horizontal, et, d'autre part, le diamètre a été choisi de telle sorte que le centre de gravité d'un wagon plein se trouve précisément sur cet axe. Dans ces conditions, le poids du wagon plein n'exerce aucun couple résistant pendant le basculage; de plus, pendant le relèvement du wagon, le poids de celui-ci exerce un couple moteur, puisque, le charbon étant vidé, le centre de gravité du wagon vide et renversé se trouve alors au-dessus de l'axe de rotation.

Ajoutons que le charbon basculé est reçu sur un transporteur qui l'amène sur un transporteur principal perpendiculaire au premier. Ce transporteur principal, incliné de 30° sur le plan horizontal, élève le charbon de 12^m et le conduit sur un transporteur-distributeur muni de vannes s'ouvrant sur les trémies des chargeurs automatiques des chaudières.

Nationalisation des chutes d'eau. — L'extension prise par l'utilisation des chutes d'eau a amené les Gouvernements des pays possesseurs d'énergie hydraulique à se préoccuper des moyens d'empêcher que cette énergie ne soit transportée électriquement dans les pays voisins pour faire concurrence à l'industrie nationale. C'est la Suisse qui a ouvert la voie : récemment le Conseil fédéral votait à une très grande majorité une loi, que nous avons signalée (30 janvier 1906, p. 64), réservant l'emploi de forces motrices hydrauliques à l'industrie suisse et à l'exploitation des chemins de fer, lesquels appartiennent aujourd'hui pour la plupart à la Confédération. La Suède, la Norvège et la France ont suivi cet exemple. — En Suède, où les cascades sont encore plus nombreuses et plus puissantes qu'en Suisse, un projet est soumis aux Chambres afin d'autoriser le Gouvernement à acquérir les forces motrices hydrauliques appartenant aux particuliers et qui peuvent être utilisées pour la traction sur les chemins de fer de l'État; le projet prévoit l'allocation d'un crédit de 7 millions de francs à cet effet. — En Norvège, le Parlement propose, pour empêcher l'accaparement des forces hydrauliques par les étrangers, que toute chute d'une puissance supérieure à 1000 chevaux ne puisse être concédée sans autorisation du Gouvernement. — Enfin, en France, un projet de loi ayant un but analogue a été déposé en juin dernier devant les Chambres.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 174501, 30 janvier 1906 (montage pour alternateur à collecteur alimentant un réseau à charge variable); BF. 365796, 1er mai 1906 (machine à courant continu à pôles auxiliaires); BP. 12792, 1905 (dynamo). —

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France),

ARMENGAUD, BF. 363421, 19 fév. 1906. — BERGMANN-ELEKTRICITÆTSWERKE. BF. 366061, 10 mai 1906 (élément rotatif pour machines électriques à grande vitesse; ID. 366062, 10 mai 1906 (inducteur tournant pour génératrice à courant mono ou polyphasé); DRP. 173534, 21 mai 1905 (id.). — BERRY. BP. 11600, 1905. — BRONK (von) et PIEPER. BF. 365757, 30 avril 1906 (production de courants électriques à haute tension). — BUCHI. DRP. 173400, 19 fév. 1905 (disposition des inducteurs sur les génératrices à courant continu). —BURKE. DRP. 173838, 31 janvier 1905 (inducteur bipolaire). —DRURY. BP. 17531, 1905 (appareils électromagnétiques). —ELECTRIC IGNITION C° et HALL. BP. 17897, 1905. — FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 172335, 13 avril 1905. — GANZ et Cie. BP. 4657, 1906. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 10555, 11703, 13112, 16303 et 16304, 1905 (alternateurs et dynamos à courant continu). — GIANOLLI. BP. 24631, 1905 (magnéto). — HEINZE. USAP. 816912 (génératrice électrique à vitesse et charge variables sans occasionner de changement de vitesse dans la machine motrice). — HILLE. BP. 25502, 1905 (générateurs magnéto-électriques). — HOWORTH. BP. 5371, 1906 (appareils électromagnétiques). — JOHNSON. BF. 364738, 30 mars 1906. — KNOPFE. USAP. 820649, 25 août 1904. — LAHMEYER et C°. BP. 8526, 1906; DRP. 173535, 22 nov. 1905 (dynamo volant). — LAMME. BF. 363389, 17 fév. 1906 (armature de machine électrique avec jeu spécial de rainures servant à loger des connecteurs de très grande résistance électrique). — LEITNER et LUCAS. BP. 12945, 1905 (dynamo et éclairage). — LUNDELL. USAP. 821249, 20 mai 1905. — MILCH. BP. 7919, 1906. — MOORES. BP. 12399, 1905 (magnéto), — OERLIKON (ATELIERS DE CONSTRUCTIONS). BF. 364373. 17 mars 1906 (inducteur pour génératrice synchrone de courants). — PARSONS. BF. 365386, 18 avril 1906; BP. 13108, 1905 (induit de dynamo). — PORSCHE et LOHNER. BP. 27152, 1905. — ROGERS. USAP. 822304, 30 nov. 1904. — RUHMER et PIEPER. DRP. 169628, 6 sept. 1904 (génératrice pour hautes tensions). — RYDER. DRP. 173533, 19 oct. 1904. — SALDANA. BP. 13794, 1905 (induit pour dynamo). — SCHWARTZ. BF. 363897, 6 mars 1906. — SIEBER. USAP. 821064, 1er mai 1905. — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 172336, 27 juin 1905 (inducteur tournant). — STANLEY. USAP. 821837 et 822697, 25 mai 1905. — STEINMETZ. USAP. 820997, 10 oct. 1904 (enroulement pour induit). — THOMSON-HOUSTON. (SOCIÉTÉ). BF. 366057, 10 mai 1906 (mode d'excitation des pôles supplémentaires destinés à assurer une bonne commutation dans les machines à courant continu dont l'induit est muni de un ou plusieurs circuits en parallèle). — TODD. USAP. 821902, 18 février 1905 (machine à influence). — WOMMELSDORF. BF. 365883, 24 avril 1906 (plateau de machine à influence). *Accessoires : régulateurs, collecteurs, porte-balais, etc.*: BALLARD. USAP. 821151, 19 août 1905 (synchroniseur). — BANDERVELL. DRP. 174130, 14 mars 1905 (régulateur pour dynamo à vitesse variable). — BORCHARDT. DRP. 174544, 23 sept. 1905 (dispositif pour supprimer les étincelles). — BOUDREAUX. BP. 22946, 1905 (balais). — FELTEN et GUILLEAUME. BF. 365036, 9 avril 1906 (régulation automatique des dynamos à courant continu). — FIELD. BP. 12431, 1905 (indicateur de phase). — FINZI et TALLERO. BP. 8434, 1906; BF. 365024, 7 avril 1906 (perfectionnements aux porte-balais des dynamos à courant continu). — HEYLAND. DRP. 174690, 6 déc. 1904 (prise de courant pour machines électriques). — JUSTICE. BP. 2322, 1906 (palier pour dynamo). — KOCH. BP. 11391, 1905 (balais). — KRIEGER et BRASIER. BF. 365674, 26 avril 1906 (dispositif de captation du courant dans les magnétos ou dynamos). — LEITNER. BP. 12645, 1905 (régulation des dynamos). — MAHAN (Mac). BP. 7891, 1906 (appareil synchronique pour courant alternatif); BF. 364688, 28 mars 1906; USAP. 819787, 10 avril 1905. — NEWBOLD. USAP. 819160, 8 juillet 1905 (commutateur inversant les pôles d'une dynamo quand le sens de rotation change). — PARSONS. BF. 365414, 19 avril 1906 (refroidissement pour dynamos). — SCHNEIDER et Cie. BF. 361500, 23 mai 1905; USAP. 819933, 22 oct. 1904 (procédé et dispositif pour régler la tension et la vitesse des dynamos). — SIEGFRIED. USAP. 824213, 12 fév. 1904 (porte-balais pour dynamos). — SIEMENS BROTHERS et TOPLIS. BP. 7255, 1906 (commutateurs pour dynamos). — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. — DRP. 174390, 21 mai 1905 (dispositif pour amener rapidement des machines électriques à leur tension de régime). — SIMMS et BOSCH. BP. 1507, 1906 (collecteur). — SPEIRS. USAP. 821197, 29 août 1905 (porte-balais). — SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES PROCÉDÉS ROUTIN POUR LE COMPOUNDAGE ÉLECTRO-MÉCANIQUE DES GROUPES ÉLECTROGÈNES. BF. 363496, 16 fév. 1906 (régulateur d'absorption à récupération pour groupes électrogènes). — SOCIÉTÉ dite ELECTROMOTORS LIMITED. BF. 364396, 19 mars 1906 (porte-balais pour machines et appareils électriques). — TINGLEY. BP. 5853, 1906 (ventilation des dynamos); USAP. 819820, 17 mars 1905. — THOMSON-HOUSTON. (ATELIERS). BF. 365192, 13 avril 1906 (régulation de génératrices reliées à un arbre de vitesse variable). — WESTINGHOUSE (SOCIÉTÉ). DRP. 174710, 1er juil. 1904 (dispositif pour étouffer les harmoniques consistant en circuits fermés).

Machines transformatrices : ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 172317, 29 oct. 1905 (redresseur électrolytique pour courants mono ou polyphasés). — BAUER. DRP. 173738, 23 février 1905 (tubes Rœntgen). — BLAKE. USAP. 817746, 23 janvier 1905 (transformateur statique). — BRAGSTAD et LA COUR. DRP. 172165, 20 mai 1904 (régulateur de tension pour convertisseurs). — BROWN. BP. 15121, 1905 (bobines à étincelles). — CARLSTEDT. BP. 15265, 1905 (vibrateur). — DOMAN. USAP. 819268, 1er fév. 1905 (bobine d'induction où le noyau droit est remplacé par un noyau en fer à cheval). — GUNDELACH. DRP. 169566, 24 juin 1904 (tube Rœntgen à refroidissement d'eau). — KEATING-HART (DE). BF. 364789, 31 mars 1906 (tube à rayons X modifié). — LEVY. BF. 366088, 11 mai 1906 (appareil à rayons X). — LOHR. USAP. 817926, 27 avril 1905 (transformateur). — MASSIE WIRELESS TELEGRAPH. BF. 363372, 17 fév. 1906 (condensateur). — MILLER. BP. 22317, 1905 (bobine d'induction). — MOODY. USAP. 821521, 22 oct. 1904 (transformateur polyphasé); 822293, 18 nov. 1904 (transformateur). — PLANQUE (DE) et BIGGERSTAFF. USAP. 823265, 14 sept. 1905 (bobine d'induction). — SEELEY. USAP. 821832, 25 janv. 1905 (appareil à décharges). — SIEMENS et HALSKE. BF. 364390, 19 mars 1906 (système de commutation pour diminuer à l'aide de transformateurs l'effet de la réflexion aux points de jonction de conducteurs d'ondes à différentes propriétés électriques); 364172, 14 mars 1906 (commutation pour production d'un courant). — SLAUGHTER. USAP. 819815, 28 juil. 1902 (bobine d'induction). — SOCIÉTÉ ANONYME DES MANUFACTURES DE GLACES ET PRODUITS CHIMIQUES DE SAINT-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY. BP. 7292, 1906 (condensateur). — THOMAS. BF. 365640, 10 avril 1906 (perfectionnements apportés aux convertisseurs électriques à vapeur). — TRILKE. BP. 25356, 1905 (bobine). — TROY. USAP. 819620, 12 déc. 1903 (transformateur).

ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

TRANSMISSION PAR COURANT CONTINU OU PAR COURANTS TRIPHASÉS.

Dans un article sur ce sujet récemment publié dans ces colonnes (t. V, 30 avril 1906, p. 225-232). M. R. Rougé montrait que si le système par courant continu à intensité constante est supérieur au système par courants alternatifs à tension constante, en ce qui concerne la transmission de l'énergie en bloc d'un point à un autre, il est inférieur à ce dernier pour la distribution de cette énergie; mais il insinuait que cette infériorité n'est peut-être pas inhérente au système et paraît plutôt due à ce que de nombreux techniciens se sont ingéniés à surmonter les difficultés réelles que présente la distribution par courants alternatifs à tension constante alors que la distribution par courant continu à intensité constante n'a guère été étudiée jusqu'ici que par un seul technicien, de grande valeur il est vrai, mais dont les efforts isolés ne pouvaient nécessairement donner autant de résultats que ceux de la pléiade d'ingénieurs qui se sont occupés des courants alternatifs.

Une comparaison faite par M. Motta, de l'Université de Milan, de deux projets de transmission à Milan d'une puissance d'environ 28000 kilowatts, l'un utilisant le courant continu sous 150000 volts, l'autre les courants triphasés sous 60000 volts, vient confirmer la conclusion de M. Rougé : le premier projet conduit à un rendement plus élevé et à des frais d'établissement plus faibles que le second pour la transmission proprement dite; il donne au contraire un rendement inférieur et exige des dépenses de premier établissement bien plus grandes pour les appareils de transformation et de distribution de l'énergie transmise.

Voici d'ailleurs sur l'un et l'autre de ces projets quelques détails empruntés à notre confrère *Electrician* (t. LVII, 24 août 1906, p. 737):

L'usine génératrice sera située sur l'Adda, à Grosoto, dans la Valteline; la puissance disponible est estimée à 38200 chevaux et permettra de disposer de 28000 kilowatts environ sur les barres du tableau de distribution, à Milan.

Dans le projet Thury, l'usine comprendra 10 groupes de 4 génératrices, chaque groupe étant commandé par une turbine et la tension limite de chaque groupe étant de 15000 volts. Pour le projet de transmission par courants triphasés, la composition de l'usine n'est pas indiquée; la fréquence, qui n'est pas définitivement fixée, sera probablement de 42 périodes par seconde.

La ligne, d'une longueur de 150^{km}, passera sur le mont Orobie, et son altitude la plus élevée sera d'environ 1170^{m}. Pour le courant continu cette ligne serait formée de 4 conducteurs de 140$^{mm^2}$ de section chacun, deux servant à l'aller, les deux autres au retour du courant, ces conducteurs n'étant mis à la terre en aucun point. Le projet à courants triphasés prévoit 3 conducteurs de 240$^{mm^2}$ de section chacun.

Des calculs de M. Motta il résulte que le système Thury aurait un rendement global de 54,2 pour 100 se décomposant ici :

	Pour 100.
Canalisations d'eau..	96,5
Turbines..........................	75,0
Génératrices......................	92,0
Ligne.............................	95,3
Moteurs...........................	92,0
Alternateurs pour la distribution...	93,0

Pour le projet à courants triphasés, les rendements des canalisations d'eau et des turbines restent les mêmes, mais celui de la ligne tombe à 91 pour 100. Les rendements des autres parties de l'installation ne sont pas indiqués dans l'article, mais le rendement global est donné : il est de 55,8 pour 100 [1].

Les frais de premier établissement, comprenant les intérêts du capital pendant la période de construction, s'élèveraient à 7000000^{fr} pour la machinerie, tableaux, etc., et 3000000^{fr} pour la ligne, y compris les poteaux, isolateurs, parafoudres, etc., soit au total 10000000^{fr} pour le système Thury; à 3750000^{fr} pour la machinerie, compris les transformateurs, tableaux, etc., et 6410000^{fr} pour la ligne, soit au total 10160000^{fr} pour le système à courants triphasés. Ce dernier est donc de 1,6 pour 100 plus coûteux que le premier. La différence considérable des dépenses d'établissement de la machinerie et des tableaux (7000000^{fr} pour le système

[1] Le rendement global est donc plus élevé pour le dernier système que pour le premier; la différence est de 1,6 pour 100 de la puissance captée, soit environ 3 pour 100 de la puissance transmise aux barres de distribution. Comme le rendement de la ligne est plus grand dans le système Thury que dans l'autre, et comme celui des génératrices est vraisemblablement le même dans les deux systèmes, l'infériorité du rendement du système à courant continu provient donc bien des appareils de transformation et de distribution de l'énergie transmise.

Thury contre 3750000fr pour l'autre système) est principalement due aux dépenses nécessitées par la sous-station de Milan qui sont évaluées à 3600000fr dans le système Thury et à 790000fr seulement dans le système à courants triphasés.

En résumé, on voit que le système Thury donne un rendement inférieur de 3 pour 100 de l'énergie transmise et une dépense d'installation de 1,6 pour 100 moindre. Les deux systèmes sont donc bien près d'être financièrement équivalents. M. Motta s'est néanmoins décidé en faveur du système à courants triphasés. Mais la raison principale de son choix paraît être la crainte que les 104 collecteurs en série que comportait le projet Thury ne soient des causes de troubles dans l'exploitation.

H. Pausert.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Boult. BP. 23934, 1905. — Burke. USAP. 822579, 9 janvier 1904. — General Electric Company. BP. 11627, 1905. — Hill. BP. 8006, 1905. — Kitsee. BP. 20547, 1905. — Kruyswijk. USAP. 823055, 3 août 1904. — Lake. BP. 8200, 1905. — Lamme. USAP. 819970, 30 juin 1904. — Nulta. BP. 21038, 1905. — Stanley. USAP. 817959, 10 mars 1905; 818028 et 818715, 19 juillet 1904. — Woodbridge. USAP. 819832, 19 avril 1905.

Canalisations : *Conducteurs et conduites :* Betts. BP. 12880, 1905 (câbles). — Blackmore. BP. 8305, 1905 (câble). — Bonnell. USAP. 821920, 3 avril 1905 (enveloppe isolante pour conduites électriques). — Clark. USAP. 821017, 24 janvier 1906 (matière pour conducteurs électriques). — Corridori. BP. 14889 *a*, 1905 (isolement des fils électriques). — Edmunds et Dawson. BP. 12171, 1905. — Hooper et Duckham. BP. 16249, 1905 (câbles souterrains). — Houry et Filleur-Brohy. BF. 365071, 10 avril 1906 (perfectionnements aux fils et câbles). — Johnson et Paterson. BP. 7842, 1905 (câble flexible armé). — Lohnman. USAP. 813101, 22 mars 1905 (conduite fermée). — Murphy. USAP. 817086, 9 juin 1902 (conduite). — Passburg. BP. 1820, 1906 (séchage des câbles). — Sibley et Lutz. BF. 365954, 7 mai 1906 (coude pour conduites de canalisations électriques). — Siemens Bros. et Cᵒ. BP. 376, 1906 (circuit électrique). — Siemens et Halske. BF. 365405, 19 avril 1906 (câble sous-marin avec enveloppe en plomb). — Siemens-Schuckertwerke. BP. 2707, 1906 (perfectionnements aux circuits pour courants alternatifs). — Sutton et Gregson. BP. 27224, 1905 (conduites électriques). — Thomas et Philipps. BP. 26109, 1905 (conducteurs). — Woodhouse. BF. 365872, 19 mars 1906 (conduit perfectionné pour conducteurs électriques). — *Supports, attaches, isolants :* Bernard et Tollet. BF. 365713, 27 avril 1906 (système d'attache des supports d'isolateurs). — Bullard. USAP. 823161, 29 mars 1905 (crochet isolant). — Carter. USAP. 821401, 23 mai 1905 (isolateur). — Fauvin, Amiot et Cheneaux. BF. 364919, 5 avril 1906 (fabrication en verre de tableaux de distribution et supports). — Foreman. BF. 364306, 16 mars 1906 (isolateur); BP. 6317, 1906. — General Electric Company. BP. 15770 et 19035, 1905 (isolation des conducteurs). — Giraud. USAP. 820924, 1ᵉʳ oct. 1904 (isolateur pour lignes à haute tension). — Gleason. USAP. 820641, 17 fév. 1904 (protecteur pour isolateurs). — Gobert. BF. 365450, 20 avril 1906 (isolateur avec chambre étanche de sécurité pour entrée de poste et d'abonné). — Gourju. BF. 361525, 29 mai 1905 (montage des fils conducteurs de courants électriques). — Gubler. BF. 365327, 17 avril 1906 (socle pour la réception de mâts en bois de conducteurs électriques aériens). — Korek et Pinal. BF. 363743, 1ᵉʳ mars 1906 (système isolateur en verre ou porcelaine pour conducteurs électriques souterrains). — Leclerc et Mabille (Société). BF. 361610, 5 juillet 1906 (nouvel isolant électrique et moyen de l'obtenir). — Lines. BP. 21870, 1905 (attaches des fils aux bornes). — Mahn. DRP. 174102, 8 août 1905 (isolateur pour poser les câbles). — Meyenberg. DRP. 169679, 16 déc. 1904 (isolateur). — Mitchell et Gunn. BP. 7332, 1906 (support de câbles). — Murdock. USAP. 818186, 17 juillet 1905 (isolateur). — Neil (Mac). USAP. 816991, 2 sept. 1904 (suspension des fils aériens). — Padiras et Taste. BF. 364423, 20 mars 1906 (nouveau système d'assemblage pour poteaux et supports métalliques). — Redmayne. BP. 11344, 1905 (isolateur). — Seguin et Gingras, 821062, 6 mars 1905 (support pour fil et isolateur). — Wernli. BF. 364761, 30 mars 1906 (poteau pour conducteurs électriques aériens). — White. USAP. 822642, 7 août 1905 (isolateur). — *Connexions, joints :* Deutsch and Electric Train Lighting Syndicate. BP. 8283, 1905 (jonction). — Guttman. USAP. 819060, 9 nov. 1904 (connexion). — Middleton. USAP. 817329, 5 juin 1905 (manchon de raccord pour câbles). — Ohnesorge. BP. 26348, 1905 (connexions). — Opitz. USAP. 822469, 23 fév. 1904 (connexions). — Reising. USAP. 817588, 13 avril 1905 (raccord pour câbles). — Robinson. BP. 23662, 1905 (connexions). — Silbley. USAP. 820322, 23 oct. 1905 (raccord coudé pour conduites électriques). — Slusser. USAP. 818480, 17 mars 1905 (connexion). — Sorg. USAP. 823484, 21 fév. 1905 (manchon de raccord pour conducteurs). — Stock et Cᵒ. BP. 23085, 1905 (connexions). — Warren. USAP. 824222, 18 juin 1904 (manchon de raccord).

Commutateurs : Anderson. USAP. 820331, 23 juin 1905 (commutateur réversible). — Arnheim. DRP. 172219, 21 juillet 1903; BP. 8410, 1905. — Bacon. USAP. 822036, 8 déc. 1904. — Barkelew. USAP. 822237, 11 nov. 1904. — Blackmore. BF. 364798, 31 mars 1906. — Brown. BP. 15252, 1905. — Case. USAP. 817222, 24 mars 1904. — Davies. BP. 2928, 1906. — Dorman. USAP. 818614, 28 mars 1905 (commutateur et coupe-circuit combinés). — Felten et Guilleaume Lahmeyerwerke. DRP. 172574, 14 nov. 1905. — Frechette et Hughes. DRP. 174990, 17 mars 1905. — Fyhn. BP. 238, 1906. — Garner et autres. BP. 14345, 1905. — Gardner. DRP. 174288, 24 sept. 1905. — Gray. USAP. 820491, 21 fév. 1905. — Griffon. DRP. 173401, 4 mars 1905. — Heany (Mac). USAP. 818387, 25 mai 1905. — Heisenhoner. USAP. 819645, 10 mai 1902. — Holmes. BP. 17888, 1905 (commutateur et interrupteur). — Hunter. BP. 3000, 1906. — Kitt. USAP. 820119, 15 février 1904 (inverseur ou commutateur automatique). — Lamme. BP. 2604, 1906. — Leppert. USAP. 818035, 24 avril 1905. — Lorenz. DRP. 174787, 24 oct. 1905. — Loubier. DRP. 174219, 12 avril 1905 (commutateur pour la charge et la décharge de plusieurs batteries). — Lugrin. DRP. 173843, 11 août 1905. — Mayer. BP. 8278, 1905. — O'Leary et Coonan. USAP. 823073, 4 août 1904. — Rhodes. BP. 7197, 1905. — Sanford. USAP. 818299, 30 sept. 1904. — Schaller. USAP. 820604, 1ᵉʳ juin 1905 (coupleur). — Schmahl. BP. 16373, 1905. — Smith. BP. 18904, 1905. — Stern. BP. 17402, 1905. — Stone. USAP. 818309, 4 oct. 1904. — Taylor. BP. 4331, 1906. — Thomson-Houston Cᵒ (British). BP. 11970 et 11970 *a*, 1905 (couplage). — Tirrill. USAP. 819821 et 819822, 11 déc. 1902 et 26 sept. 1904. — Tregoning. USAP. 12480, 16 avril 1906 (commutateur à bouton poussoir). — Trumbull. USAP. 820076, 25 mai 1904 (commutateur et coupe-circuit pour tableaux).

ÉCLAIRAGE.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS.

Système Leitner-Lucas (*Engineering*, vol. LXXXI, 16 février 1906, p. 210 à 212).

Avant de faire la description du système Leitner-Lucas d'après le journal anglais, nous allons en donner le schéma très simplifié. C'est un système autogénérateur à batterie unique, c'est-à-dire que les lampes sont alimentées, pendant les arrêts et les

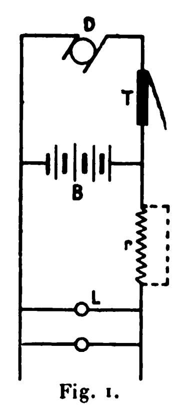


Fig. 1.

périodes de faible vitesse du train, par une batterie unique B (*fig.* 1) et, pendant la pleine marche du train, par cette batterie couplée en parallèle, à l'aide du conjoncteur-disjoncteur T, avec une dynamo D mue par l'essieu. Lorsque la dynamo est connectée et que par suite les accumulateurs sont en charge, on trouve, en série avec les lampes, une résistance d'absorption *r* qui est mise en court-circuit quand les lampes sont alimentées par les accumulateurs seuls en décharge (¹). La force électromotrice de la dynamo est maintenue sensiblement constante malgré les variations de vitesse du train, par une démagnétisation automatique des inducteurs. En outre, au lieu de laisser la résistance d'absorption *r* constante et de chercher à obtenir une force électromotrice rigoureusement constante de la dynamo que l'on retire du circuit lorsque la tension de la batterie monte (comme dans les systèmes Kühl, Loppé et autres), M. Leitner rend la résistance d'absorption *r* variable suivant l'état de charge des accumulateurs ou le nombre de lampes allumées, à l'aide d'un régulateur électromécanique. Cet appareil, comme on le verra plus loin, complique notablement l'installation; mais il permet, si son fonctionnement est parfait, d'obtenir, aux bornes des lampes, une tension absolument constante, malgré les variations de tension des accumulateurs dues à la saturation ou à d'autres causes, ce qui n'est réalisé que d'une manière pour ainsi dire instable dans les systèmes à batterie unique et à résistance d'absorption fixe (¹).

Dans le système originel Leitner-Lucas, la démagnétisation du champ inducteur était obtenue par un dispositif analogue à celui du système Loppé que nous avons décrit ici autrefois (²), et consistant à intercaler en série avec l'enroulement excitateur de la dynamo principale, l'induit d'une petite dynamo auxiliaire dévoltrice, calée sur le même arbre que la dynamo principale et ayant une excitation presque constante fournie par la batterie (³). Cette dévoltrice, au fur et à mesure que la vitesse et aussi la saturation des accumulateurs augmentaient, donnait dans le circuit inducteur shunt de la dynamo principale une force contre-électromotrice de plus en plus élevée, ce qui avait pour effet de réduire de plus en plus le courant d'excitation; il en résultait un état d'équilibre maintenant à peu près constante la force électromotrice de la dynamo principale.

Le dispositif de démagnétisation employé actuellement dans le système Leitner-Lucas est beaucoup plus simple que celui du début, car il ne comporte plus de dynamo auxiliaire; il utilise simplement la réaction d'induit de la dynamo principale à l'aide de deux balais DD_1 (*fig.* 3) calés à angle droit avec les balais principaux GG_1. Le procédé présente, on le voit, une certaine analogie avec la dynamo Rosenberg (que nous avons décrite ici) (⁴), qui lui est antérieure et qui possède aussi, en même temps que deux balais principaux, deux balais auxiliaires mais réunis en court-circuit.

(¹) Il existe une autre classe de systèmes autogénérateurs: ceux à double batterie, comportant deux batteries, dont, alternativement, l'une alimente les lampes pendant que l'autre est en pleine charge.

(¹) Le dispositif du Dʳ Büttner, que nous avons décrit à propos de l'éclairage électrique des trains de l'État prussien (*Revue électrique*, juillet 1905), et dans lequel on obtient la variation automatique, et sans aucun organe mobile de la résistance d'absorption, à l'aide d'une lampe à filament en fer, nous paraît beaucoup plus simple que le dispositif de M. Leitner.

(²) Voyez *La Revue électrique*, t. I, 30 juin 1904, p. 354.

(³) En réalité cette excitation était légèrement croissante à mesure que la tension de la batterie augmentait parce qu'elle était shuntée par une résistance variable (commandée par le même régulateur agissant sur la résistance d'absorption), qui augmentait avec la tension de la batterie.

(⁴) *La Revue électrique*, t. IV, 30 juillet 1905, p. 33.

Nous donnons en figure 2, d'après *Engineering*, le schéma complet des connexions et, en figure 3, un schéma simplifié. L'excitation de la dynamo est produite par des bobines à fil fin G_2, placées dans un circuit shunt, branché aux bornes des balais principaux GG_1, mais comprenant en série avec elles un rhéostat R_1 et les circuits réactifs de l'induit principal compris entre les balais D et D_1 situés à 90° des balais principaux [1].

Le conjoncteur-disjoncteur, qui est différentiel, est assez compliqué. Il est constitué par un couteau F [avec pare-étincelles (*fig.* 2) dans un bain de mercure] solidaire d'un induit de dynamo en navette C, qui peut tourner de 90° environ entre deux pièces polaires inductives. Celles-ci portent deux enroulements superposés (comme dans tous les autres systèmes) : un enroulement à fil fin C_2 destiné au déclenchement, et un enroulement à gros fil C_1 en série dans le circuit de la dynamo et qui sert à renforcer l'action du premier (ici il le remplace dès que la pleine vitesse est atteinte, c'est-à-dire qu'il met alors l'enroulement à fil fin hors circuit).

Au repos il ne passe aucun courant dans la navette C (voir *fig.* 3), et les bobines C_2 du conjoncteur ne sont parcourues par aucun courant, parce que les contacts C_4 de l'électro C_3 sont ouverts. Cet électro C_3 est seul en circuit, branché en dérivation aux bornes des balais principaux GG_1 de la dynamo. Lorsque la force électromotrice de celle-ci atteint 15 volts, l'électro C_3 ferme les contacts C_4. Un courant dérivé de la batterie, de 12 éléments, peut alors passer dans la navette C. En même temps un courant partant du pôle positif de la batterie et passant par les contacts C_4 et la bobine à fil fin C_2 du disjoncteur, se rend au balai G, puis traverse l'induit de la dynamo et du balai G_1, se rend au pôle négatif de la batterie. La batterie se décharge dans l'induit de la dynamo parce que la tension de 24 volts des 12 accumulateurs est alors supérieure à celle de la dynamo. Le sens de ce courant dans le disjoncteur correspond au renforcement du ressort d'ouverture du levier F. A mesure que la vitesse augmente, la force électromotrice de la dynamo augmente : elle devient égale puis supérieure à celle (24 volts) de la batterie; le courant qui traverse les bobines C_2 diminue, s'annule, puis change de sens (c'est-à-dire se trouve dans le sens de la charge des accumulateurs, mais ne peut les charger que d'une manière insignifiante à cause de la grande résistance des bobines C_2 en série dans le même circuit). Le courant qui traverse la navette C du disjoncteur n'ayant pas changé de sens, cette navette entre en rotation de 90°, ce qui a pour effet de fermer le contact du levier F en *f*. La dynamo GG_1 se trouve alors reliée aux accumulateurs par un circuit comprenant les bobines série à gros fil C_1 du disjoncteur, dont l'action vient remplacer celle des bobines à fil fin C_2, qui par un contact auxi-

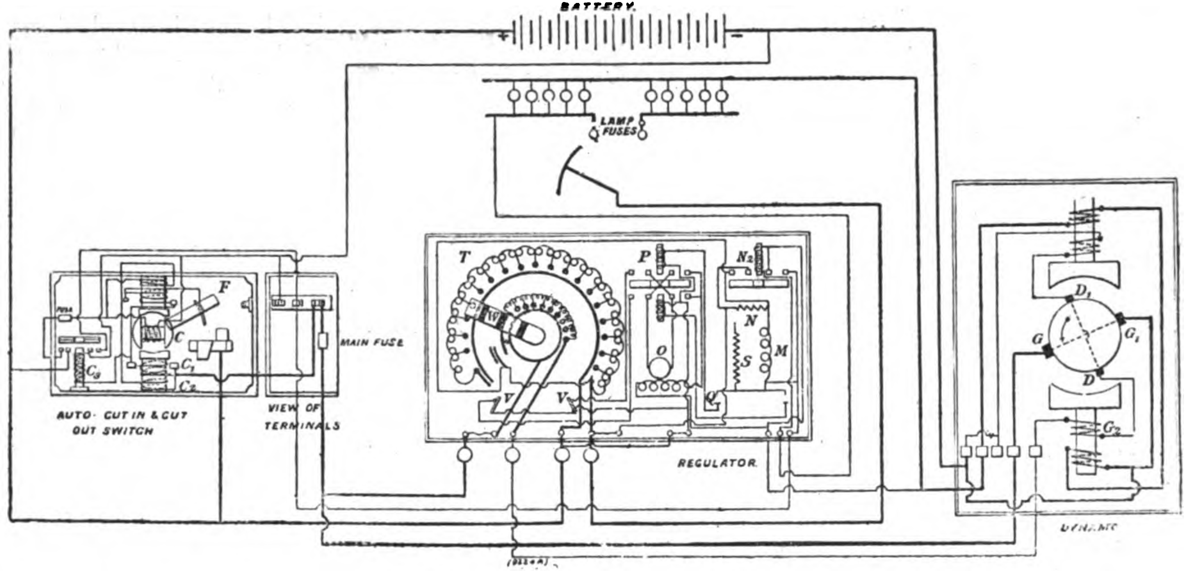


Fig. 2.

[1] La dynamo comporte encore, en même temps que l'enroulement shunt G_2, un second enroulement excitateur à gros fil (*fig.* 2), en série avec le circuit des lampes quand celles-ci sont allumées (par la fermeture de l'interrupteur général de la voiture). Cet enroulement, qui ne joue pas de rôle essentiel, renforce seulement l'action de l'enroulement shunt et empêche les inversions de polarité magnétique.

liaire se trouvent mises en court-circuit. L'opération inverse se produit lorsque le train ralentit puis s'arrête.

L'ensemble des deux paires de balais occupe une position fixe quelle que soit la charge, et légèrement décalée par rapport à l'axe des pôles dans le sens de la rotation. Il en résulte qu'à circuit ouvert, où la réaction d'induit est nulle, les balais auxiliaires DD_1 donnent, dans le circuit d'excitation G_2D_1DR,

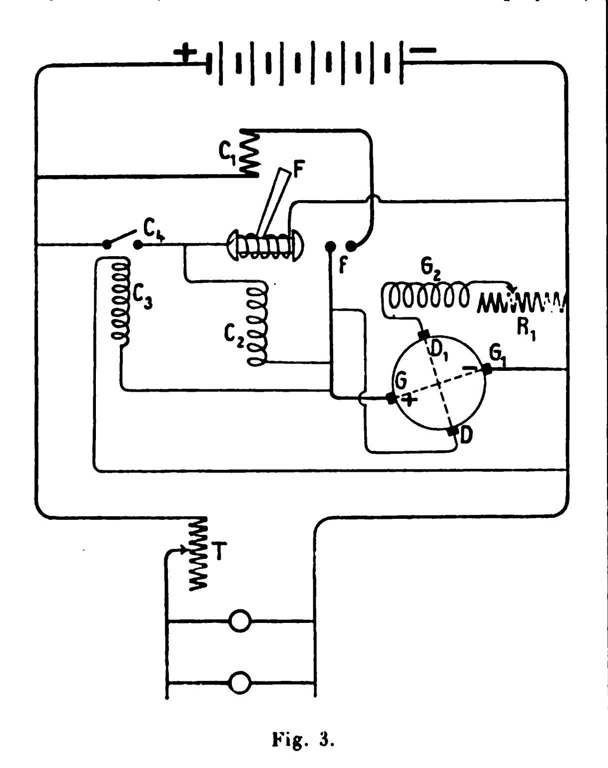


Fig. 3.

une force électromotrice de même sens que les balais principaux GG_1, c'est-à-dire qui renforce le magnétisme inducteur. Au fur et à mesure que le débit et la vitesse de la dynamo augmentent, la réaction d'induit augmente et la ligne neutre vient coïncider puis dépasser la ligne de calage des balais, c'est-à-dire que les balais auxiliaires DD_1 fournissent dans le circuit d'excitation une force électromotrice de sens contraire à celle des balais GG_1, soit démagnétisante.

L'ensemble des deux paires de balais est monté sur un manchon fou à encoches de 180° d'étendue, de sorte que ces balais sont entraînés dans des positions distantes de 180° lorsque la dynamo se met en rotation dans un sens ou dans l'autre.

Le régulateur (*fig.* 2) est formé d'une manette W mobile sur une série de touches circulaires, et actionné par un pignon engrenant avec une vis sans fin montée au bout de l'arbre d'un petit moteur. Le mouvement de ce moteur dans un sens ou dans l'autre est commandé par l'un ou l'autre des relais P suivant que le solénoïde ou la balance voltmétrique N, branchée aux bornes de la batterie et réglée pour une tension moyenne déterminée, bascule dans un sens ou dans l'autre ([1]). Nous n'avons pas représenté ces connexions sur le schéma de la figure 3 qui en aurait été trop surchargé. Suivant que la tension aux bornes des accumulateurs dépasse cette valeur ou tombe au-dessous, la manette W se déplace dans un sens ou dans l'autre et diminue ou augmente la valeur de la résistance d'absorption T (*fig.* 2 et 3), intercalée en avant des lampes. On évite ainsi les surtensions aux lampes malgré l'élévation du potentiel de la batterie, à mesure que sa saturation augmente, ou les chutes de tension quand on augmente le nombre des lampes allumées. Lorsque la tension des éléments atteint un certain chiffre, 27 volts par exemple, correspondant à leur saturation, le circuit de la dynamo se trouve, par l'arrivée à fond de course de la manette du régulateur, disjoint de la batterie. Le mouvement de la manette W du régulateur a une seconde action : il fait varier la résistance R_1 intercalée dans l'excitation de la dynamo de manière à diminuer cette excitation à mesure que les accumulateurs sont plus chargés, ce qui a pour effet de réduire le débit total de la dynamo et de diminuer le courant passant par les accumulateurs, qui s'en trouvent mieux.

Les batteries, fabriquées par la Société *Accumulator Industries* de Woking, sont du type Planté; les éléments sont logés dans des bacs en bois doublé de plomb avec couvercle vissé sur un joint en caoutchouc. On a ménagé au-dessus des plaques une grande hauteur de liquide dont on peut voir le niveau par un tube de verre. Ce tube contient deux boules dont la position indique la densité du liquide et donne ainsi une indication ([2]) de l'état de charge des éléments.

Le système Leitner-Lucas s'est très bien comporté pendant un essai effectué sur le Great Western, où deux voitures ont circulé pendant trois mois dans l'express de Cornouailles, sans qu'on touche à la dynamo et aux accumulateurs contenus dans des caisses plombées.

CH. JACQUIN.

([1]) Le relais N^2 (*fig.* 2) a pour but de changer la tension d'équilibre de la balance voltmétrique M (par mise en court-circuit d'une résistance N), lorsque les lampes sont alimentées par la batterie seule au lieu de l'être par les accumulateurs et la dynamo en parallèle.

([2]) Indication approximative seulement, à cause des couches d'inégale densité qui se produisent toujours dans un accumulateur.

LAMPES A MERCURE.

Lampe Cooper-Hewitt à courant alternatif simple, par DE RECKLINGHAUSEN (Communication faite à la séance d'avril de la Société internationale des Électriciens). — La nouvelle lampe que j'ai l'honneur de vous présenter ce soir représente le dernier appareil mis au point par les collaborateurs de M. Cooper-Hewitt.

Cette lampe se compose : 1° d'un support avec ses accessoires, c'est-à-dire un transformateur, une bobine de self et un rhéostat de réglage ; 2° la lampe elle-même, qui est munie d'une électrode négative, de deux électrodes positives et d'une électrode positive auxiliaire.

Le rôle du transformateur a déjà été décrit en même temps que le convertisseur monophasé. Il permet d'obtenir une tension appropriée aux bornes de la lampe et d'utiliser les deux demi-ondes alternatives. L'emploi de ce transformateur permet d'alimenter les lampes avec le voltage qu'on désire et nous pensons qu'on pourra obtenir dans l'avenir des lampes branchées sur un circuit à 1 000 volts et même davantage.

La bobine de self qui est en circuit avec la lampe sert à préparer la rupture du courant à travers celle-ci en franchissant les points inférieurs de la courbe du courant ondulatoire qui sort du transformateur.

Le rhéostat présente une disposition nouvelle de l'appareillage. On a adopté pour le rhéostat le principe imaginé par M. Potter pour l'usage des lampes Nernst. Ce rhéostat est constitué par un fil de fer fin immergé dans une atmosphère d'hydrogène à l'intérieur d'une ampoule fermée. Ainsi que vous le savez, le fer ainsi employé a un coefficient de température extrêmement élevé, c'est-à-dire que sa résistance accroît énormément

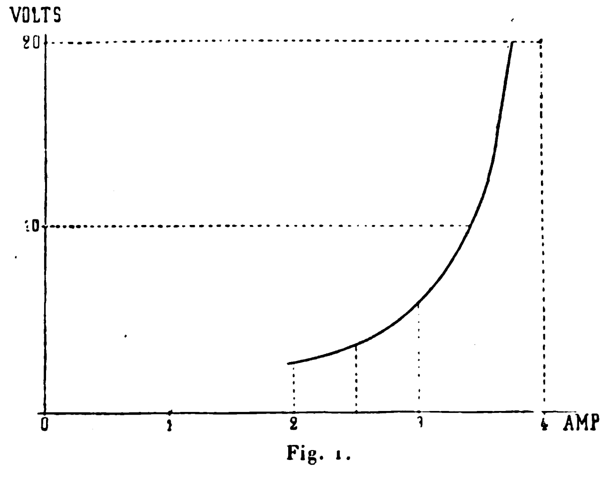


Fig. 1.

lorsque la température s'élève (*fig.* 1). Avec un tel rhéostat le courant qui passe à travers la lampe se régularise donc automatiquement.

La mise en marche de la lampe est identique à celle employée pour la marche des lampes à courant continu. Le balancement de la lampe produit à l'intérieur du tube un court-circuit entre le pôle positif et le mercure du pôle négatif. Pour que la lampe se mette en marche cette interruption doit avoir lieu au moment où l'électrode positive en question est réellement sous l'impulsion d'un voltage positif ; il faut donc, en quelque sorte, mettre la lampe en phase avec le courant qui l'alimente ; il y a donc, quelquefois, lieu de basculer plusieurs fois avant que la lampe s'amorce.

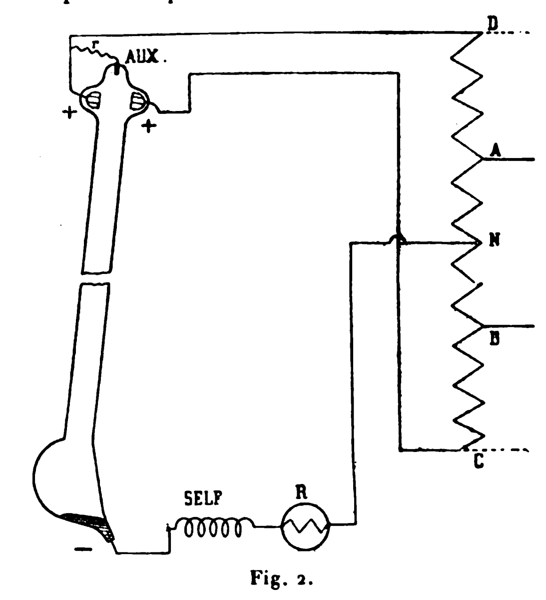


Fig. 2.

Pour des raisons de construction il n'est pas possible de laisser produire ce court-circuit entre l'électrode négative et une des deux électrodes positives de marche ; donc nous avons jugé préférable d'employer, comme vous le voyez (*fig.* 2), une électrode auxiliaire qui laisse passer le courant au moment de l'allumage. Elle est en connexion directe avec une des électrodes positives de marche ; mais, comme elle est associée à un rhéostat de grande résistance, le courant normal de la lampe ne la traverse plus pendant le fonctionnement.

Ainsi que vous le savez, nous avons deux types de lampes à courant continu : le type K, dans lequel la tension, entre les bornes proprement dites, est de 75 volts et le type H, dans lequel cette tension est de 40 volts. En partant de ces chiffres, nous avons adopté pour le courant alternatif un modèle dans lequel la longueur du tube est de 70^{cm} environ. Le voltage de cette lampe est d'environ 50 volts en courant continu ; cette tension est naturellement indépendante du voltage du réseau puisqu'on est maître de la modifier à sa volonté de façon à avoir, aux bornes de la lampe, le voltage qu'on désire. Le croquis ci-joint montre les connexions de la lampe avec ses accessoires.

D'après les essais de notre laboratoire, on a les voltages suivants aux différents points de l'appareil dans des conditions normales :

Réseau	110	volts
Aux bornes du tube	50	»
Aux bornes du rhéostat	12	»
Entre les électrodes positives	172	»
Courant	3,5	ampères
Watts apparents	330	»
Watts réels	272	»

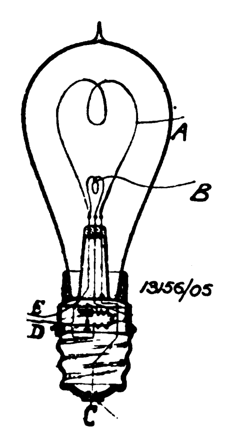


Nous avons donc un facteur de puissance de 80 à 85 pour 100.

La lampe elle-même est indépendante de la fréquence, mais les accessoires sont établis suivant la fréquence du réseau.

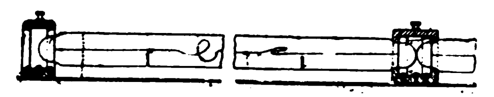
LAMPES A INCANDESCENCE.

Lampe à incandescence à illumination périodiquement variable. PHELPS C° (Brevet anglais 13156, 1905). — Cette lampe comporte deux filaments A et B qui, normalement, sont en dérivation ; sur le circuit du filament A se trouve un fil entourant une lame bimétallique recourbée, D, portant un contact, E. Au début,



le courant traverse les deux filaments et se rend au plot C; le long filament A ayant une section telle qu'il soit moins résistant que B, c'est par ce filament que passe la majeure partie du courant et c'est lui qui devient incandescent. Mais, par suite de l'échauffement de la lame bimétallique D par le passage du courant dans le fil qui l'entoure, le contact E se trouve bientôt rompu et les deux filaments se trouvent mis en série. Alors c'est le filament le plus résistant, c'est-à-dire B, qui devient seul incandescent. Le courant étant ainsi devenu moins intense, la lame D se refroidit, le contact se rétablit en E et c'est de nouveau le filament le plus long qui est incandescent.

Lampe à incandescence cylindrique. HIRAM MAXIM (Brevet anglais 19259, 1905). — Cette lampe, destinée à produire certains effets de décoration, se compose, comme l'indique la figure, d'un tube de verre



cylindrique à l'intérieur duquel est un filament rectiligne, supporté par de petites tiges de verre et présentant quelques boucles lui assurant une libre dilatation.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : ANDERSON. DRP. 172454, 27 nov. 1904 (lampe à arc double). — ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI. BF. 365129, 19 mars 1906. — BATTAGLIA-GUERRIRI. DRP. 169577, 8 sept. 1903. — BLONDEL. BP. 19712, 1905. — BLAKE. USAP. 822240, 22 sept. 1904. — CARBONE. DRP. 169578, 18 janvier 1905; BP. 4343, 1906. — CERVENKA. BF. 365073, 10 avril 1906. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 11243, 1905. — HIST et COLLINS. BP. 9181 *a*, 1905. — HOLMES. BP. 6092, 1906. — JACKSON. BP. 12100, 1905. — JANECK. BP. 25257, 1905. — JONES AND JANDUS ARC LAMP AND ELECTRIC COMPANY. BP. 16545 et 16546, 1905. — KONITZER. DRP. 172879, 28 juillet 1904 (lampe à arc à charbons convergents). — KÖRTING et MATHIESEN A.-G. DRP. 172409, 5 oct. 1905 (lampe à arc à charbons convergents); 172456, 20 juillet 1905 (soufflage de l'arc dans les arcs à flamme). — RIDINS. BP. 13025, 1905. — *Charbons :* CARBONE. DRP. 172223, 22 juillet 1905 (porte-charbon pour lampe à arc). — SIEMENS et Cie (GEBRUDER). BF. 365406, 19 avril 1906 (procédé de fabrication d'électrodes pour la lumière par arc électrique avec conducteur métallique). — *Suspensions, régulateurs, etc. :* SCHÆFFER. DRP. 172516, 7 mai 1905 (suspension pour lampes à arc). — VONTOBEL. BP. 6079, 1906 (régulateur).

Lampes à incandescence : *Lampes à filament :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 25236, 1905. — BAKELEY et SCHRAGE. DRP. 169546, 24 déc. 1903. — BOLTON (WERNER VON). USAP. 817732, 817733 et 817734, 31 mai 1902 et 5 janvier 1904 (alliage homogène et ductile dérivé du tantale pour lampe à incandescence). — DEUTSCH GASGLUHLICHT. BF. 365188, 12 avril 1906 (fabrication de lampes à incandescence à corps lumineux métallique). — FEUERLEIN. USAP. 818009, 14 juin 1904. — FRENOT. DRP. 172187, 7 mai 1905 (filament pour lampe à incandescence). — HUBERT. USAP. 818449, 19 mai 1905 (lampe de poche). — HOFFMANN. DRP. 169680, 17 mai 1905. *Accessoires :* MABANE. USAP. 812766, 30 avril 1904 (rosette d'attache). — MILLER. USAP. 813568, 3 janvier 1905 (monture de lampe à incandescence). — PARKER. USAP. 812872, 8 avril 1905 (lampe à incandescence à ampoule en matière réfractaire très perméable à la lumière); 816033, 20 février 1905 (rosette de suspension). — WELSBACH (VON). USAP. 814632, 31 mai 1901 (support pour filament d'osmium). — *Lampes à vapeur :* BASTIAN et PARTENERS. BF. 360770, 21 déc. 1905. — COOPER HEWITT. DRP. 171601, 11 juin 1905; USAP. 814695 et 814696, 7 juil. et 19 oct. 1904. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 11971, 1904. — HALSTEAD, JOHNSON et WINN. BP. 8443, 1904. — HARRISON. BP. 12337, 1905. — JACKSON. USAP. 815836, 20 janvier 1906. — MOORE ELECTRICAL COMPANY. DRP. 170873, 11 mai 1905 (lampe à vapeur). — *Accessoires :* COOPER-HEWITT ELECTRIC COMPANY. DRP. 169927, 25 juin 1903 (allumage des lampes à gaz ou à vapeur alimentées par courant alternatif); BP. 706, 1906 (contrôle des appareils électriques à vapeur). — PHŒNIX. BF. 362975, 3 fév. 1906 (porte-cathode pour lampes à arc à vapeurs métalliques). — RECKLINGHAUSEN (VON). BP. 25749, 1905 (mise en marche d'appareil électrique à vapeur).

Divers : BLISS. BP. 8929, 1905 (éclairage électrique des trains). — DOWIE. BP. 22432, 1904 (éclairage électrique des trains). — FLEISCHHAUER. DRP. 170072, 21 août 1904 (éclairage électrique des trains). — HALLOT. BP. 2554, 1904 (éclairage automatique). — HORNAUER. USAP. 815831, 13 mai 1904 (dispositif pour observer les oscillations d'intensité de la lumière).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROSIDÉRURGIE.

Sur la fabrication électrique de l'acier par le procédé Kjellin, par E.-C. Ibbotson (*Electrician*, t. LVII, 24 août 1906, p. 737). — Dans cet article l'auteur donne les quelques renseignements qui suivent sur l'exploitation de l'usine de Gysinge (Suède) où est appliqué depuis plusieurs années le four à induction de Kjellin :

Dans le cours de l'exercice finissant le 31 mai 1906, il a été fabriqué 950 tonnes d'acier à outils et d'aciers spéciaux au moyen d'un four donnant une tonne par coulée. La charge est formée d'environ 80 parties de fonte blanche de Suède et de 20 parties de riblons. La teneur en carbone a été modifiée par l'addition de briquettes; cette fonte et ces briquettes ont la composition suivante :

Fonte.	Pour 100.	*Briquettes.*	Pour 100.
Carbone	4,00	Fer	59,00
Silicium	0,15	Silice	11,00
Manganèse	0,18	Chaux	2,50
Soufre	0,01	Alumine	0,50
Phosphore	0,012	Soufre	0,010
		Phosphore	0,006

L'acier obtenu contient en moyenne :

	Pour 100.
Carbone	0,4 à 2,00
Silicium	0,12
Manganèse	0,34
Soufre	0,012
Phosphore	0,014

La durée moyenne d'une opération, dans tout le cours de l'année considérée, a été de 7 heures 8 minutes lorsqu'il est ajouté des briquettes et de 5 heures 30 minutes lorsqu'il n'en est pas ajouté; dans le premier cas, la consommation moyenne par tonne a été de 1128 kilowatts-heures; dans le second, de 886 kilowatts-heures. Mais ces nombres tiennent compte de toutes les pertes de temps et d'énergie; en réalité, il est possible de réaliser une opération avec briquettes en 6 heures 30 minutes et une opération sans briquettes en 5 heures en consommant dans l'un et l'autre cas une moindre quantité d'énergie, comme le montre le Tableau suivant :

Avec briquettes.

	Charge. kg
Fonte blanche	660
Riblons	200
Briquettes	100
Ferrosilicium (à 50 pour 100 Si)	7,7
Ferromanganèse (à 80 pour 100 Mn)	6,8
Aluminium	0,030

Temps. h m	Puissance. kw	Énergie. kw-h
5.30 (¹)	125	
6.00	145	67,50
6.30	160	76,25
7.00 (²)	170	82,50
7.30	170	85,00
8.00 (³)	165	83,75
8.30 (⁴)	165	82,50
9.30 (⁴)	165	165,00
10.30 (⁴)	165	165,00
11.30	165	165,00
12.00 (⁵)	130	73,75
6.30		1046,25

Sans briquettes.

	Charge. kg
Fonte blanche	415
Riblons	625
Ferrosilicium	2
Ferromanganèse	3
Aluminium	0,030

Temps. h m	Puissance. kw	Énergie. kw-h
7.00 (⁶)	125	
7.30	145	67,50
8.00	155	75,00
8.30 (⁷)	160	78,75
9.00	165	81,25
9.30	170	83,75
10.00 (⁸)	165	83,75
10.30	165	82,50
11.00	165	82,50
11.30	165	82,50
12.00 (⁹)	135	75,50
5.00		793,00

L'enduit réfractaire du four, qui était à base de magnésie, durait environ 5 semaines lorsqu'on travaillait avec addition de briquettes et 7 semaines lorsqu'on opérait sans briquettes.

CARBORUNDUM.

Application du carborundum à la confection des dallages. — On sait que le carborundum ou siliciure de carbone, que l'on obtient en chauffant au four électrique un mélange de sable et de charbon, se présente

(¹) Charges des ⅔ de la fonte.
(²) Charge du reste de la fonte et des riblons.
(³) Obtention d'un bain liquide.
(⁴) Addition des briquettes.
(⁵) Addition des ferros et coulée.
(⁶) Charge de toute la fonte et moitié des riblons.
(⁷) Charge du reste des riblons.
(⁸) Obtention d'un bain liquide.
(⁹) Addition des ferros et coulée.



sous forme de cristaux isolés ou agglomérés en masse spongieuse, mais toujours de petites dimensions et à facettes très brillantes, ayant une très grande dureté, du même ordre que celle du corindon ou de l'émeri et seulement un peu inférieure à celle du diamant. Cette dureté exceptionnelle du carborundum, depuis longtemps utilisée pour la confection des meules, a été récemment mise à profit par la Compagnie du Métropolitain de Paris pour le revêtement des quais et des marches d'escalier de ses nouvelles stations : on fabrique un dallage en ciment à la façon ordinaire si ce n'est que l'on remplace la dernière couche de mortier sableux par un mortier dans lequel on a incorporé une certaine quantité de carborundum cristallisé. La surface du dallage est alors constellée de points brillants qui ont tout à fait l'aspect de paillettes micacées et qu'ont sans doute remarqués ceux qui fréquentent le Métropolitain. Il est à présumer que les marches ainsi fabriquées ne s'useront pas aussi rapidement que les marches en ciment et, en tout cas, qu'elles ne prendront pas d'ici longtemps le poli qui rend la descente de ces dernières si dangereuse lorsqu'elles sont quelque peu usagées. Il y a lieu de croire aussi que, si cette application du carborundum réussit, elle pourra être étendue à la confection des bordures de trottoirs dans les villes éloignées des carrières de granit, les bordures en granit ayant l'inconvénient, outre de coûter fort cher, de nécessiter des repiquages fréquents pour leur donner la rugosité nécessaire à la sécurité de la marche.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et Métaux : ADAMS. USAP. 823019, 10 juin 1905 (stérilisation des eaux). — AIKEN. USAP. 816142, 1er juin 1903 (fabrication du fer en partant du minerai). — AYLSWORTH. USAP. 817152, 17 sept. 1902 (appareil pour le platinage du nickel). — BACKUS et WALLACE. USAP. 817382, 27 juillet 1905 (cuve pour électro-platinage). — BORCHERS, GUNTER et FRANKE. BP. 19638, 1905 (production du cuivre électrolytique). — CARTY (Mac). USAP. 813105 et 814155, 8 nov. 1904 (appareil pour décomposer l'eau par électrolyse). — CASTEL. BF. 364847, 2 avril 1906 (électrolysation du chlorure de sodium). — CLEMM. USAP. 819410, 27 fév. 1905 (fabrication des hypochlorites). — COMBA. USAP. 820555, 14 sept. 1903 (récupération du cuivre de ses solutions). — COMPAGNIE FRANÇAISE DE L'OZONE. BF. 362301, 10 janv. 1906 (ozoneur). — HARDFIELD. BP. 22130, 1905 (fabrication des matières magnétiques). — HARMON. USAP. 814692, 6 juillet 1905 (électrolyse avec bain mercuriel alcalin). — HARTENSTEIN. 819218, 23 juillet 1902 (mélange pour surchauffe dans la fabrication du carbure de calcium); 819219, 819220, 819221, 819222 et 819224, 23 juillet 1902 (fabrication du carbure de calcium). — HÉROULT. USAP. 815016 et 815293, 14 juin et 7 sept. 1905 (four). — HINKSON. USAP. 820113, 31 mai 1905 (stérilisateur d'eau consistant à faire passer l'eau entre deux plaques chargées). — HOLLANDS. USAP. 818174, 5 juin 1905 (récupération par électrolyse des métaux précieux de leurs dissolutions aqueuses et autres). — JOHNSON. USAP. 814049 et 814050, 27 mai 1903 et 24 mai 1904 (traitement du nickel et des minerais de cuivre et d'or). — LAFONTAINE. BF. 363701, 5 février 1906 (nouveau procédé d'électrolyse pour l'extraction des métaux de leurs minerais et le traitement des déchets de cuivre en cuivre pur). — LE BLANC. BF. 362195, 5 janvier 1906 (régénérateur électrolytique de l'acide chromique dans les solutions de sels chimiques). — LEETHAM. USAP. 816482, 16 juillet 1904 (ozoneur). — LÉVY et PECOUL. BF. 362199, 6 janv. 1906 (nouvel appareil et son mode d'emploi pour le dosage pratique de l'acide carbonique contenu dans l'air des salles d'école, etc.). — LEWETT. USAP. 813048, 19 mai 1905 (anode pour électroplatinage). — LOVETT. USAP. 821516, 16 janvier 1906 (extraction du cuivre et autres métaux de certains minerais). — LYONS et BROADWELL. USAP. 816928, 2 sept. 1904 (préparation électrolytique de l'ammoniaque). — MARE (DE). USAP. 820656, 23 sept. 1904 (ozoneur). — MEAKER. USAP. 815027, 28 déc. 1904 (appareil pour électroplatinage). — METTLER. USAP. 815193 et 815548, 11 oct. 1905 et 2 nov. 1904 (préparation électrolytique des essences aromatiques). — RECZKA. BF. 363649, 27 fév. 1906 (étamage électrochimique du plomb). — RUTHENBURG. USAP. 818918, 28 nov. 1903 (électrométallurgie du fer et de ses alliages). — SAHLSTROM. BP. 12367, 1905 (ozoniseur). — SCOYOC. USAP. 813844, 15 mai 1905 (électrolyseur pour eau). — SNYDER. USAP. 814810, 23 juin 1905 (électrométallurgie des minerais sulfureux). — STRECKER. USAP. 815875, 26 mai 1904 (gravure sur zinc par électrolyse). — SUTER ET REDLICH. USAP. 813532, 2 janvier 1904 (fabrication électrolytique des métaux alcalino-terreux). — THIROT et MAGE. BF. 364588, 26 mars 1906 (procédé de régénération de l'électrolyte servant à l'extraction par voie électrolytique du cuivre contenu dans les vieux bronzes); 364589, 26 mars 1906 (production électrolytique de l'étain pur adhérent et cohérent). — VAREILLE. BP. 20217, 1904 (électrolyse de l'eau). — WESTDEUTSCHE THOMASPHOSPHATWERKE. BP. 8721, 1905 (préparation de composés nitrogénés). — WILSON. USAP. 820031, 28 janvier 1896 (réduction de l'oxyde de calcium).

Divers : ASCHROFT. BP. 5648, 1905 (cuves pour l'électrolyse). — BARTELT. USAP. 813688, 7 oct. 1904 (électrolyseur pour liqueur de blanchiment). — BASTIAN et CALVERT. BP. 6448, 1905 (substances catalytiques). — COWPER-COLES. BF. 362861, 30 janvier 1906 (procédé et appareil perfectionnés pour la fabrication des électrotypes en cuivre). — DIEFFENBACH. USAP. 817419, 9 janvier 1906 (préparation électrolytique des tubes métalliques). — DION. USAP. 819209 et 820482, 3 juin et 24 mai 1904 (électrolyseur). — DONALD (Mac). USAP. 814864, 27 avril 1905 (appareil électrolytique). — EATON. USAP. 816307, 23 août 1905 (machine à graver). — EDISON. BF. 362692, 25 janvier 1906 (procédé de fabrication de pellicules ou flocons métalliques). — FRIEDHEIM. BF. 364737, 30 mars 1906 (perfectionnements apportés aux moyens employés pour effectuer des dépôts électrolytiques métalliques sur parois ou moules creux). — GABRIEL USAP. 822109, 26 fév. 1906 (cuve électrolytique). — GARVING. USAP. 822940, 15 janv. 1906 (cuve pour la récupération des métaux de leurs solutions ou minerais). — HEPBURN, MATHER et PLATT. BP. 12221, 1905 (appareil à électrolyse). — HILLE et MULLER. BF. 365456, 21 avril 1906 (procédé pour traiter des plaques de métal et pour les munir de couches métalliques par l'électrolyse). — HINKSON. USAP. 821360, 3 mai 1905 (filtre). — JULIEN et DESSOLLE. BF. 364521, 23 mars 1906 (application de l'électrolyse à l'obtention de surfaces destinées à recevoir de la peinture d'art ou autre). — KELLNER (DE). BF. 361047, 27 nov. 1905 (électrodes pour appareils électrolytiques). — LAMBERT. BF. 365423, 19 avril 1906 (cuve électrolytique). — LONDEI. BF. 364978, 6 avril 1906 (appareil pour l'électrolyse des métaux). — MANSBRIDGE. BF. 364382, 17 mars 1906 (substance métallisée telle que papier, parchemin, etc., destinée à être employée en électricité, procédé et appareil pour sa préparation).

MESURES ET ESSAIS.

DIVERS.

Indicateur magnétique de la température de trempe, par William Taylor (Communication faite à la British Association, à York, le 3 août). — Pour la trempe des outils il est indispensable d'opérer à une température parfaitement déterminée, afin d'obtenir une dureté maximum et uniforme et réduire au minimum les déformations et changements de dimensions résultant de la trempe. N'ayant pu obtenir complète satisfaction en mesurant la température de trempe au moyen d'un couple thermo-électrique, l'auteur a eu l'idée d'utiliser les variations qu'éprouvent par le chauffage les qualités magnétiques de l'acier pour déterminer avec plus de précision la température la plus convenable.

En collaboration avec M. F.-J. Mudfort il a essayé une balance magnétique. Celle-ci était formée de trois bobines plates identiques ayant même axe et disposées parallèlement, les bobines extrêmes étant traversées en série par un courant alternatif et la bobine centrale étant reliée à un téléphone. La position relative des bobines était réglée de manière qu'on n'entende aucun bruit dans le téléphone. Si alors on place une pièce d'acier suivant l'axe de l'appareil et d'un même côté de la bobine centrale, un son se fait entendre dans le téléphone; mais ce son s'affaiblit à mesure que l'on chauffe la pièce d'acier et s'éteint complètement à une certaine température. Si l'on trempe la pièce au moment où le téléphone n'émet plus de son, on obtient une trempe parfaite; si au contraire on laisse la pièce se refroidir un peu jusqu'à rétablissement d'un son faible, la trempe est défectueuse bien que l'abaissement de température ne puisse être apprécié, même par un ouvrier très exercé, d'après la variation de la couleur de la lumière émise par la pièce d'acier.

A la suite de ces essais, effectués sur de nombreux échantillons d'acier dont la teneur en carbone variait de 0,7 à 1,35 pour 100, l'auteur a imaginé un indicateur magnétique de la température de trempe. Cet appareil se compose d'un fort aimant en fer à cheval muni de pièces polaires entourant le moufle dans lequel sont chauffés les outils à tremper. L'une des pièces polaires est pivotée sur l'aimant et tend à tourner autour de ses pivots en s'éloignant du moufle. Tant que l'outil placé dans le moufle est magnétique, la pièce polaire mobile est maintenue en place par le circuit magnétique qui se trouve fermé par l'outil d'acier. Mais, quand la température correspondant à la perte des qualités magnétiques de l'acier se trouve atteinte, la pièce polaire pivote et vient fermer le circuit d'une sonnerie, qui avertit l'ouvrier que la température de trempe la plus convenable est obtenue.

Cet indicateur est journellement employé dans un atelier depuis plusieurs mois; il a toujours donné d'excellents résultats, bien meilleurs que ceux que l'on obtenait auparavant en évaluant la température de trempe d'après les changements de coloration. On a remarqué d'ailleurs que la température à laquelle on effectuait la trempe d'après cette évaluation est certainement supérieure à celle à laquelle on opère en utilisant l'indicateur magnétique. Cet appareil paraît donc permettre d'éviter les surchauffes si préjudiciables à la qualité des objets trempés.

Séismographe à enregistrement électrique (*Electrician*, t. LVII, 17 août, p. 711). — Cet appareil est constitué comme il suit : un cylindre de fer pesant environ 50^{kg} est suspendu par un long fil et porte sur sa surface latérale quatre contacts isolés, orientés suivant les quatre points cardinaux; au-dessous du pendule se trouve un croisillon de fer encastré dans un massif de béton et portant quatre supports verticaux, sur chacun desquels est fixée une pastille de charbon; ces pastilles appuient sur les contacts du cylindre et ferment ainsi les circuits de quatre batteries ayant un fil de retour commun. — On commence par régler l'appareil en modifiant les pressions des contacts au moyen de vis, jusqu'à ce que les courants qui les traversent aient même intensité, le pendule étant au repos; s'il survient une secousse sismique, le pendule tend à se déplacer et produit une variation dans la pression des contacts, d'où résulte, comme dans un microphone, une variation de l'intensité des courants. — Pour enregistrer cette variation et en déduire la direction de la secousse, le circuit de chaque contact contient un solénoïde avec noyau de fer doux suspendu à un fléau de balance. Les noyaux des solénoïdes correspondant aux contacts nord et sud, sont suspendus aux deux extrémités d'un même fléau. Ceux des deux autres solénoïdes au second fléau. Si la secousse se propage exactement du nord au sud, le premier fléau seul s'incline; si elle se propage de l'est à l'ouest, c'est au contraire le second fléau qui s'incline; si la direction de la secousse est quelconque, l'un et l'autre fléau sont déplacés de leurs positions d'équilibre, mais on conçoit qu'on puisse déduire, des valeurs de leurs inclinaisons respectives, la direction approximative de la secousse sismique. Ces inclinaisons sont enregistrées au moyen d'aiguilles sur une même feuille de papier.

Rapport sur les étalons pratiques pour mesures électriques, par le Comité des mesures de l'Association britannique (*Electrician*, t. LVII, 17 août, p. 706). — Ce rapport donne en premier lieu les indications suivantes, sur les travaux de la Conférence internationale qui s'est tenue en octobre dernier à Berlin, comme suite au vœu émis en 1904 par la Chambre des délégués au Congrès de Chicago ([1]):

([1]) *La Revue électrique*, t. II, 30 octobre 1904, p. 254.



L'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche, la Belgique, les États-Unis et la France s'étaient fait représenter à cette conférence. Une des questions soumises à sa discussion était la suivante : les trois unités ohm, ampère et volt, doivent-elles être définies indépendamment l'une de l'autre, ou convient-il d'en définir deux seulement, la troisième se déduisant des deux autres? Dans ce dernier cas, laquelle des trois unités doit être regardée comme dépendant des autres? La Conférence décida qu'il convient de prendre deux unités fondamentales seulement : l'ohm international, défini par une résistance de mercure, et l'ampère international, défini par le poids d'argent déposé en un temps donné; le volt international sera, par suite, la valeur de la force électromotrice produisant un courant de 1 ampère international dans un conducteur dont la résistance est de 1 ohm international. Elle décida aussi que l'élément Weston au cadmium sera choisi comme élément étalon. En outre, la Conférence émit le vœu que, en raison des divergences qui existent dans les définitions légales des unités électriques dans les divers pays, une Conférence officielle ait lieu dans le délai d'un an en vue de faire disparaître ces divergences; toutefois, cette conférence officielle ne pourra apporter aucune modification dans la valeur adoptée jusqu'ici pour l'ampère, ni imposer de spécifications pour l'emploi ou la construction du voltamètre à argent et de l'élément étalon de force électromotrice; si des propositions de ce genre étaient faites à la Conférence officielle, elles devraient tout d'abord être soumises à un Congrès international.

Le rapport indique ensuite l'état des travaux relatifs aux mesures absolues, entrepris sous la direction de l'Association britannique. Les travaux sur l'ampèremètre-balance, exécutés par le professeur Ayrton et M. Mather, ont montré que cet ampèremètre est un excellent instrument pour les mesures absolues, l'erreur relative qu'il donne ne dépassant pas quelques cent-millièmes. Les recherches faites sur le voltamètre à argent paraissent indiquer qu'il est possible de réaliser un appareil de ce genre donnant des résultats très satisfaisants. Enfin, M. F.-E. Smith a fait une étude approfondie des méthodes utilisées au National Physical Laboratory pour la comparaison des résistances.

Verre de faible résistivité pour instruments de mesures, d'après un Mémoire présenté le 7 août à la British Association, à York, par Ch.-F.-S. Philipps (*Electrician*, t. LVII, 17 août 1906, p. 707). — Pour protéger les instruments électrostatiques contre les perturbations dues aux variations du champ extérieur, il convient, comme on sait, de les enfermer dans une cage conductrice continue. Pour pouvoir mesurer les déplacements de l'équipage mobile, il conviendrait que cette enveloppe fût en même temps transparente aux rayons lumineux. Or, l'expérience a révélé et la théorie électromagnétique de la lumière a permis de démontrer qu'il n'existe pas de substance à la fois transparente pour la lumière et conductrice de l'électricité. Force est donc de constituer l'enveloppe par une cage métallique percée d'ouvertures, que l'on ferme au moyen de plaques de verre.

Il y aurait par suite intérêt à constituer ces plaques avec un verre aussi peu résistant que possible. L'auteur, avec l'aide de MM. James Powell and Son, verriers à Londres, est parvenu à trouver un verre dont la résistivité n'est que 1000 mégohms par centimètre à 20° C., résistivité encore considérable en valeur absolue, mais cependant 500 fois plus faible que celle des verres ordinaires les plus conducteurs.

Ce verre spécial est obtenu en fondant ensemble 32 parties de silicate de sodium et 8 parties de borax; si l'on ajoute en outre 1,25 partie de cristal de Powell, on obtient un produit plus stable sans diminution importante de la conductance. Il a pour densité 2,490 et est parfois plus dur que le verre ordinaire à base de soude; il peut être étiré en tiges et en fibres et peut être fondu sous forme de plaques; toutefois, à cause de son point de fusion peu élevé, son travail est assez délicat. Il ne manifeste aucune fluorescence sous l'influence des rayons cathodiques, est très transparent pour les rayons X, mais opaque pour les rayons ultraviolets. Pulvérisé, puis fondu sur du cuivre bien décapé, il donne une couche bien adhérente et sans craquelures.

La résistivité de ce verre varie considérablement avec la température; l'auteur se réserve de publier ultérieurement la loi de cette variation, d'après les résultats d'expériences en cours d'exécution.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 167286, 14 mars 1905 (compteur d'induction). — Aron. USAP. 813610, 813685 et 820333, 13 janvier et 27 mai 1904; DRP. 171599, 16 mai 1905 (compteur pour courant alternatif). — Arno. USAP. 820755 et 820756, 20 sept. 1903 et 10 fév. 1904 (compteur pour circuits triphasés inégalement chargés et adaptation du même aux circuits monophasés). — Bastian et Calvert. BF. 364602, 26 mars 1906 (système de compteur avec ou sans mécanisme enregistreur et à prépaiement ou non). — Blathy. BF. 364602, 26 mars 1906 (dispositif pour compenser l'influence des variations de tension ou de fréquence sur la constante des compteurs électriques établis d'après le principe Ferraris); Id. 363677, 28 fév. 1906 (compteur à courant alternatif d'après le système Ferraris avec pièces mobiles sur les champs magnétiques). — Compagnie pour la fabrication des compteurs a gaz. DRP. 171801, 27 avril 1905 (compteur d'induction). — Duncan. USAP. 817305, 6 juin 1904. — General Electric Company. BP. 4783 et 6453, 1905 (compteur à prépaiement). — Gruber. DRP. 173839 et 173842, 3 juin et 25 juillet 1905. — Hamilton et Ferranti. BF. 363562, 23 fév. 1906 (dispositif empêchant l'échappement du mercure dans les compteurs); BP. 11491, 1904 (compteur). — Hartmann et Braun. DRP. 170735 et 172166, 21 sept. et 11 janvier 1905. — Isaria-Zahlerwerke. DRP. 172777, 28 déc. 1905. — Lanphier. USAP. 716922, 9 mars 1904. — Meyerling. DRP. 171218, 10 nov. 1904. — Morck. USAP. 819242, 10 mai 1904 (compteur Ferraris). — Paulet. BF. 363235, 12 fév. 1906. — Pieper. DRP. 170188, 12 nov. 1904 (compteur pour courant alternatif).

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Loi du 13 juillet 1906, sur le repos hebdomadaire. — La Chambre a adopté le 10 juillet, sans modifications, le projet sur le repos hebdomadaire voté par Sénat. La loi est donc définitive. Elle sera prochainement promulguée. En voici le texte :

Article premier. — Il est interdit d'occuper plus de six jours par semaine un même employé ou ouvrier dans un établissement industriel ou commercial ou dans ses dépendances, de quelque nature qu'il soit, public ou privé, laïque ou religieux, même s'il a un caractère d'enseignement professionnel ou de bienfaisance.

Le repos hebdomadaire devra avoir une durée minimum de vingt-quatre heures consécutives.

Art. 2. — Le repos hebdomadaire doit être donné le dimanche.

Toutefois, lorsqu'il est établi que le repos simultané, le dimanche, de tout le personnel d'un établissement serait préjudiciable au public ou compromettrait le fonctionnement normal de cet établissement, le repos peut être donné, soit constamment, soit à certaines époques de l'année seulement, ou bien :

a) Un autre jour que le dimanche à tout le personnel de l'établissement ;

b) Du dimanche midi au lundi midi ;

c) Le dimanche après-midi avec un repos compensateur d'une journée par roulement et par quinzaine ;

d) Par roulement à tout ou partie du personnel.

Des autorisations nécessaires devront être demandées et obtenues conformément aux prescriptions des articles 8 et 9 de la présente loi.

Art. 3. — Sont admis de droit à donner le repos hebdomadaire par roulement les établissements appartenant aux catégories suivantes :

1° Fabrication de produits alimentaires destinés à la consommation immédiate ;

2° Hôtels, restaurants et débits de boissons ;

3° Débits de tabacs et magasins de fleurs naturelles ;

4° Hôpitaux, hospices, asiles, maisons de retraite et d'aliénés, dispensaires, maisons de santé, pharmacies, drogueries, magasins d'appareils médicaux et chirurgicaux ;

5° Établissements de bains ;

6° Entreprises de journaux, d'informations et de spectacles, musées et expositions ;

7° Entreprises de location de livres, de chaises, de moyens de locomotion ;

8° Entreprises d'éclairage et de distribution d'eau ou de force motrice ;

9° Entreprises de transport par terre autres que les chemins de fer, travaux de chargement et de déchargement dans les ports, débarcadères et stations ;

10° Industries où sont mises en œuvre des matières susceptibles d'altération très rapide ;

11° Industries dans lesquelles toute interruption de travail entraînerait la perte ou la dépréciation du produit en cours de fabrication.

Un règlement d'administration publique énumérera la nomenclature des industries comprises dans les catégories figurant sous les numéros 10° et 11°, ainsi que les autres catégories d'établissements qui pourront bénéficier du droit de donner le repos hebdomadaire par roulement.

Un autre règlement d'administration publique déterminera également des dérogations particulières au repos des spécialistes occupés dans les usines à feu continu, telles que les hauts fourneaux.

Art. 4. — En cas de travaux urgents, dont l'exécution immédiate est nécessaire pour organiser des mesures de sauvetage, pour prévenir des accidents imminents ou réparer des accidents survenus au matériel, aux installations ou aux bâtiments de l'établissement, le repos hebdomadaire pourra être suspendu pour le personnel nécessaire à l'exécution des travaux urgents. Cette faculté de suspension s'applique non seulement aux ouvriers de l'entreprise où les travaux urgents sont nécessaires, mais aussi à ceux d'une autre entreprise faisant les réparations pour le compte de la première. Dans cette seconde entreprise, chaque ouvrier devra jouir d'un repos compensateur d'une durée égale au repos supprimé.

Art. 5. — Dans un établissement qui aura le repos hebdomadaire au même jour pour tout le personnel, le repos hebdomadaire pourra être réduit à une demi-journée pour les personnes employées à la conduite des générateurs et des machines motrices, au graissage et à la visite des transmissions, au nettoyage des locaux industriels, magasins ou bureaux, ainsi que pour les gardiens et concierges.

Dans les établissements de vente de denrées alimentaires au détail, le repos pourra être donné le dimanche après-midi, avec un repos compensateur, par roulement et par semaine, d'un autre après-midi pour les employés âgés de moins de vingt et un ans et logés chez leurs patrons, et par roulement et par quinzaine, d'une journée entière pour les autres employés.

Dans les établissements occupant moins de cinq ouvriers ou employés et admis à donner le repos par roulement, le repos d'une journée par semaine pourra être remplacé par deux repos d'une demi-journée, représentant ensemble la durée d'une journée complète de travail.

Dans tout établissement où s'exerce un commerce de détail et dans lequel le repos hebdomadaire aura lieu le dimanche, ce repos pourra être supprimé lorsqu'il coïncidera avec un jour de fête locale ou de quartier désigné par un arrêté municipal.

Art. 6. — Dans toutes les catégories d'entreprises où les intempéries déterminent des chômages, les repos forcés viendront, au cours de chaque mois, en déduction des jours de repos hebdomadaire.

Les industries de plein air, celles qui ne travaillent qu'à certaines époques de l'année, pourront suspendre le repos hebdomadaire quinze fois par an.

Celles qui emploient des matières périssables, celles qui ont à répondre, à certains moments, à un surcroît extraordinaire de travail, et qui ont fixé le repos hebdomadaire au même jour pour tout le personnel, pourront également suspendre le repos hebdomadaire quinze fois par an. Mais, pour ces deux dernières catégories d'industrie, l'employé ou l'ouvrier devra jouir au moins de deux jours de repos par mois.

Art. 7. — Dans les établissements soumis au contrôle de l'État, ainsi que dans ceux où sont exécutés les travaux pour le compte de l'État et dans l'intérêt de la défense nationale, les ministres intéressés pourront suspendre le repos hebdomadaire quinze fois par an.

ART. 8. — Lorsqu'un établissement quelconque voudra bénéficier de l'une des exceptions prévues au paragraphe 2 de l'art. 2, il sera tenu d'adresser une demande au préfet du département.

Celui-ci devra demander d'urgence les avis du conseil municipal, de la chambre de commerce de la région et des syndicats patronaux et ouvriers intéressés de la commune. Ces avis devront être donnés dans le délai d'un mois.

Le préfet statuera ensuite par un arrêté motivé qu'il notifiera dans la huitaine.

L'autorisation accordée à un établissement devra être étendue aux établissements de la même ville faisant le même genre d'affaires et s'adressant à la même clientèle.

ART. 9. — L'arrêté préfectoral pourra être déféré au Conseil d'État, dans la quinzaine de sa notification aux intéressés.

Le Conseil d'État statuera dans le mois qui suivra la date du recours, qui sera suspensif.

ART. 10. — Des règlements d'administration publique organiseront le contrôle des jours de repos pour tous les établissements, que le repos hebdomadaire soit collectif ou qu'il soit organisé par roulement.

Ils détermineront également les conditions du préavis qui devra être adressé à l'inspecteur du travail par le chef de tout établissement qui bénéficiera des dérogations.

ART. 11. — Les inspecteurs et inspectrices du travail sont chargés, concurremment avec tous officiers de police judiciaire, de constater les infractions à la présente loi.

Dans les établissements soumis au contrôle du ministre des travaux publics, l'exécution de la loi est assurée par les fonctionnaires chargés de ce contrôle, placés à cet effet sous l'autorité du ministre du commerce et de l'industrie. Les délégués mineurs signalent les infractions sur leur rapport.

ART. 12. — Les contraventions sont constatées dans des procès-verbaux qui font foi jusqu'à preuve contraire.

Ces procès-verbaux sont dressés en double exemplaire dont l'un est envoyé au préfet du département et l'autre déposé au parquet.

ART. 13. — Les chefs d'entreprise, directeurs ou gérants qui auront contrevenu aux prescriptions de la présente loi et des règlements d'administration publique relatifs à son exécution, seront poursuivis devant le tribunal de simple police et passibles d'une amende de 5fr à 15fr.

L'amende sera appliquée autant de fois qu'il y aura de personnes occupées dans des conditions contraires à la présente loi, sans toutefois que le maximum puisse dépasser 500fr.

ART. 14. — Les chefs d'entreprise seront civilement responsables des condamnations prononcés contre leurs directeurs ou gérants.

ART. 15. — En cas de récidive, le contrevenant sera poursuivi devant le tribunal correctionnel et puni d'une amende de 16fr à 100fr.

Il y a récidive lorsque, dans les douze mois antérieurs au fait poursuivi, le contrevenant a déjà subi une condamnation pour contravention identique.

En cas de pluralité de contraventions entraînant ces peines de la récidive, l'amende sera appliquée autant de fois qu'il aura été relevé de nouvelles contraventions, sans toutefois que le maximum puisse dépasser 3000fr.

ART. 16. — Est puni d'une amende de 100fr à 500fr quiconque aura mis obstacle à l'accomplissement du service d'un inspecteur.

En cas de récidive dans les délais spécifiés à l'article précédent, l'amende sera portée de 500fr à 1000fr.

L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations prononcées en vertu de cet article et des articles 13, 14 et 15.

ART. 17. — Les dispositions de la présente loi ne sont pas applicables aux employés et ouvriers des entreprises de transports par eau, non plus qu'à ceux des chemins de fer, dont les repos sont réglés par des dispositions spéciales.

ART. 18. — Sont abrogés les dispositions des articles 5 et 7 de la loi du 2 novembre 1892 en ce qui touche le repos hebdomadaire.

Les dérogations prévues à l'article 4 et au premier paragraphe de l'article 5 de la présente loi ne sont pas applicables aux enfants de moins de dix-huit ans et aux filles mineures.

Les dérogations prévues au paragraphe 3 de l'article 5 ne sont pas applicables aux personnes protégées par la loi du 2 novembre 1892.

Un règlement d'administration publique établira la nomenclature des industries particulières qui devront être comprises dans les catégories générales énoncées à l'article 6 de la présente loi en ce qui concerne les femmes et les enfants.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société des forces électriques de la Goule. — Du rapport présenté à l'assemblée générale ordinaire du 16 avril 1906 nous extrayons les renseignements suivants :

ABONNEMENTS. — Pour la lumière :

État des abonnements au	Bougies.	Devant produire : recettes.	Devant produire : par bougie.	Absorbant : Force fournie à la Goule.	Recette par chev.
31 déc. 1905...	136460	139614fr	1fr,024	542ch	257fr,40
31 déc. 1904...	124393	127869fr	1fr,028	495ch	251fr,20
Augmentation pour 1895...	12067	11745fr		47ch	

Pour la force motrice :

État des abonnements.	Force abonnée.	Devant produire : recettes.	Devant produire : soit par ch.
Au 31 décembre 1905....	1103ch	187821fr	144fr,40
Au 31 décembre 1904....	869ch	153695fr	176fr,86
Augmentation pour 1905..	234ch	34126fr	

La différence dans le rendement par cheval provient des réductions de tarifs consenties.

Les recettes pour force et lumière ont suivi une progression ascendante pendant les 11 premières années de notre exploitation et, à ce sujet, nous nous référons au Tableau annexé à notre rapport.

Comme précédemment, nous vous donnons quelques explications concernant notre bilan.

ACTIF. — Vous remarquerez que nous avons supprimé du bilan 1904 le Chapitre « Extension de l'usine » par le fait que les comptes concernant ce Chapitre ont été liquidés et la répartition a été faite sur les comptes Immeubles, Travaux électriques et Travaux mécaniques. Dans notre compte d'immeubles, nous avons fait figurer la valeur des terrains que nous avons pour l'assise de nos immeubles au prix de l'estimation cadastrale, soit 3fr le mètre carré. Pour régulariser cette opération dans nos livres, nous avons attendu que la revision du cadastre fût faite, ce qui a eu lieu en 1905. De cette façon, il nous reste à vendre 23000m² à 25000m² de terrains dont tout le produit ira directement au compte de Profits et Pertes. Par suite du développement de Saint-Imier, ces terrains augmentent de valeur et nous pensons ne rien vendre en dessous de 5fr le mètre carré pour le moment.

Comme toutes les années précédentes, nous avons dans les travaux électriques une forte augmentation pour les trans-



formateurs, ce qui est nécessité par les développements de l'entreprise. Les travaux d'art sont augmentés du coût du nouveau canal de décharge et les travaux mécaniques de la turbine de 1500 chevaux à la Goule avec son régulateur, tuyauterie et accessoires.

Sur les Chapitres Mobilier et Bureau technique, nous avons fait un amortissement de 4000fr.

Notre compte de débiteurs ne représente pas uniquement des clients auxquels nous avons fourni soit des moteurs, soit des installations de lumière, la majeure partie consiste en dépôts en banque qui seront utilisés lorsque nous verserons aux ateliers de construction d'Oerlikon ce que nous leur devons encore sur la livraison de la station de réserve.

Notre compte de titres a subi une diminution sensible par suite de la vente des obligations 4 1/2 °/o de la fabrique de Courtelary. Il nous reste encore pour 46000fr d'obligations 2 1/2 °/o de cette Société, qui sont à zéro dans notre inventaire. Ces titres nous seront remboursés en son temps, nous en avons maintenant la certitude.

Passif. — Notre compte d'obligations se trouve diminué du montant des obligations remboursées qui passe au fonds d'amortissement et auquel nous avons ajouté 14000fr pour le fonds de renouvellement pris sur le produit de l'exercice. Nous avons en outre prélevé sur le compte de Profits et Pertes 2000fr pour arrondir à 30000fr le compte d'ordre à la disposition des actionnaires et doté de 2000fr le fonds de retraite pour le personnel, qui se trouve ainsi être de 10250fr.

Nous pensons que vous serez d'accord avec ces différentes dotations.

Compte de profits et pertes. — Après avoir passé les écritures concernant ce compte et mentionnées ci-dessus, il reste un solde disponible de		fr 97261,59
dont il faut déduire le solde de l'exercice précédent par		556,75
le produit net de l'exercice est donc de		96704,84
en vertu de l'article 25 des statuts, nous devons prélever pour le fonds de réserve 10 °/o, soit		9670,54
reste		87034,30
auquel nous ajoutons le solde de 1904		556,75
à la disposition des actionnaires		87591,05
Nous vous proposons de répartir un dividende de 5 1/2 °/o. Pour cela, il faut sortir de ces 87591fr,05 une somme de	85000fr	
pour, en vertu de l'article 25 des statuts, verser aux actionnaires un premier dividende de 5 °/o, soit	75000	
et prendre, d'une somme de 10000fr, 75 °/o superdividende 1/2 °/o	7500	
10 °/o aux communes garantes de notre emprunt de 750000fr	1000	
10 °/o au Conseil d'administration	1000	
5 °/o aux employés méritants	500	
		85000
Il resterait à porter à compte nouveau		2591,05

La répartition aux communes se ferait en proportion des sommes pour lesquelles elles nous ont donné leur garantie.

	fr
Saint-Imier recevrait	696,95
Le Noirmont	75,75
Les Breuleux	75,75
Tramelan	151,55
Total	1000,00

Bilan au 31 décembre 1905.

Actif.

1.	Concession	277000fr
2.	Immeubles (assurance, 351000fr)	488112,32
3.	Travaux d'art	513014,88
4.	» mécaniques	222516,48
5.	» électriques	1302252,45
6.	Mobilier	17587,13
7.	Bureau technique	5999
8.	Usine de la Goule	20729,55
9.	Electromoteurs et compteurs	19757,96
10.	Moteurs en location	11198,80
11.	Marchandises	42120,03
12.	Débiteurs divers	235958,47
13.	Effets à recevoir	33725,90
14.	Titres	69500
15.	Caisse	15604,49
16.	Poteaux injectés	11529,95
17.	Commission d'emprunt	28894,50
18.	Station de réserve (assurance, 228300fr)	544920,08
		3860421,99

Passif.

1.	Capital-actions	1500000fr
2.	Capital-obligations 1570000fr; Obligations remboursées 291000fr	1279000
3.	Créanciers divers	358891,83
4.	Compte d'attente	2521,17
5.	Provision des annuités	73935
6.	Fonds d'amortissement et de renouvellement (291000 + 153000)	444000
7.	Fonds de réserve	61980,10
8.	Compte d'ordre à la disposition des actionnaires	30000
9.	Fonds de retraite	10250
10.	Coupons de dividendes non encaissés	2582,30
11.	Profits et pertes	97261,50
		3860421,99

Compte de profits et pertes au 31 décembre 1905.

Doit.

	fr
Provision des annuités au 31 décembre 1905	104094
Frais d'exploitation et frais généraux	128417,29
Frais de réfection : Travaux électriques 5514fr,24; Immeubles 716fr,05	6230,29
Commission de banque et de change	642,75
Commission d'emprunts	1325
Amortissement sur installations	14000
Amortissement sur mobilier	4000
Amortissement sur comptes débiteurs	5460,80
Compte d'ordre à la disposition des actionnaires	2000
Fonds de retraite	2000
Indemnité payée pour accident P.	8116,15
Solde	97261,59
	373547,97

Avoir.

	fr
Solde au 31 décembre 1904	556,75
Exploitation force et lumière	296752,30
Bénéfice sur installations lumière, moteurs, appareils de chauffage, location et vente de moteurs	15239,95
Bénéfice sur marchandises	432,25
Location de compteurs	2063,50
Loyer des immeubles	5393,80
Escompte, change et rabais	2489,16
Intérêts sur dépôts en banque et comptes courants	10174,88
Divers	40445,38
	373547,97

TABLEAU COMPARATIF DES 11 PREMIÈRES ANNÉES D'EXPLOITATION.

ANNÉES.	CAPITAL-ACTIONS.	RECETTES pour vente force et lumière.	DIVIDENDES distribués.	FONDS de réserve statutaire.	FONDS d'amortissement et de renouvellement.	COMPTE D'ORDRE à la disposition des actionnaires.	FONDS de retraite.
1895	660 000 fr	34 102,20 fr			12 000 fr		
1896	660 000	82 285,80			13 000		
1897	660 000	149 203,65	5 %	1 882,23 fr	25 362		
1898	660 000	177 212,42	5 %	3 211,61	34 000		
1899	1 000 000	196 448,32	5 %	5 006,16	42 638		
1900	1 000 000	217 802,38	5 %	5 900	45 000		
1901	1 000 000	262 057,76	5 %	5 900	45 000		
1902	1 000 000	265 175,58	5 %	6 000	64 000	15 000 fr	
1903	1 000 000	274 116	5 1/2 %	{ 6 500 30 }	53 724	13 000	5 000 fr
1904	1 500 000	280 589,69	5 1/2 %	{ 7 300 20 250,10 }	53 276		3 250
1905	1 500 000	296 752,30	5 1/2 %	9 670,04	56 000	2 000	2 000
				71 650,14	444 000	30 000	10 250

Société nimoise d'éclairage et de force motrice par l'électricité. — Ci-dessous un extrait du Rapport présenté à l'Assemblée générale du 30 mars 1905.

Nous tenons à vous dire de suite que les résultats de cet exercice sont en augmentation sur ceux de l'année dernière. Le solde créditeur du compte de « Profits et Pertes » s'élève en effet à la somme de........................ 69 342fr,95

En *augmentation* de........................ 7 553fr,75

sur celui de l'exercice 1904.

Pendant l'exercice écoulé, la promesse de vente que nous avions sur les immeubles 11, 13 et 15, rue du Pavée, venait à expiration; cette promesse de vente a été réalisée au mois de septembre dernier : nous sommes donc devenus propriétaires de tous les immeubles dans lesquels nos bureaux et notre matériel sont installés.

Nombre d'abonnés desservis.

Au 31 décembre 1905...................... 925

Contre, au 31 décembre 1904.............. 884

Augmentation.............. 41 abonnés

Lampes de 10 bougies reliées au réseau.

Au 31 décembre 1905...................... 19494

Contre, au 31 décembre 1904.............. 17883

Augmentation............ 1611 lampes.

Moteurs électriques en service.

Au 31 décembre 1905............ 167 moteurs

Équivalent à........................... 237 chx

Contre, au 31 décembre 1904...... 138 moteurs

Équivalent à........................... 203

Augmentation.................... 29 moteurs

Équivalent à........................... 34

Recettes d'exploitation.

Exercice 1905.............................. 185 810fr,55

Contre, pour l'exercice précédent........... 167 241fr,10

Augmentation................ 18 569fr,45

ACTIF.

Frais de premier établissement.............. 101 133fr »

Sans changement.

Obligations à souscrire..................... 15 000fr »

En diminution sur le chiffre de l'année dernière de................................ 44 500fr »

représentant le montant de 89 obligations souscrites pendant l'exercice écoulé. Les 30 obligations représentant ces 15 000fr ont d'ailleurs été souscrites au début de l'exercice actuel. La totalité de la première émission d'obligations que vous aviez décidée est donc entièrement placée.

Terrains, immeubles et bâtiments........... 130 931fr,35

En augmentation sur l'année dernière de.... 51 071fr,90

La presque totalité de cette augmentation représente l'achat des immeubles situés 11, 13 et 15 rue du Pavée.

Matériel et outillage....................... 289 773fr,35

Canalisations, lignes et branchements....... 196 675fr,20

Ces deux comptes représentent sur les comptes correspondants de l'année dernière une *augmentation* de................................ 17 462fr,30

représentant la valeur du matériel neuf acheté et des lignes nouvelles construites pendant l'exercice écoulé.

Compteurs.................................. 71 671fr,65

Mobilier................................... 5 755fr,70

Ces comptes n'appellent aucune explication.

Marchandises en magasin.................... 19 140fr,90

Installations chez les abonnés.............. 1 593fr,70

Ces comptes représentent la valeur de nos marchandises en magasin et de nos installations chez les abonnés; nous les avons estimées au-dessous de leur prix de revient.

Effets à recevoir........................... 177fr »

Débiteurs divers............................ 39 304fr,20

Ce dernier compte comprend surtout les recettes du mois de décembre non encore encaissées à la fin de l'exercice. Nous en avons éliminé toutes les créances arriérées douteuses.

Droit de transmission...................... 870fr »

Impôt sur le revenu........................ 1 440fr »

Ces deux comptes représentent les impôts de finances qui sont à retenir sur le prochain coupon.

PASSIF.

Actions	600000fr »
Obligations	110000fr »

Ces deux comptes n'ont subi aucun changement.

Réserve légale	6693fr,50
Réserve pour amortissements	55490fr,35

Ces deux comptes résultent des délibérations prises aux Assemblées antérieures.

Coupons actions n° 1	441fr,50
Coupons obligations	1406fr,25
Créanciers divers	27625fr,90

Ces comptes n'appellent aucune explication.

Créancier à terme	26000fr »

Ce compte représente la somme que nous devons sur les immeubles que nous avons achetés pendant l'exercice écoulé et qui est payable dans un délai de quatre années.

Profits et pertes	69342fr,95

Ce compte représente le solde créditeur du compte de profits et pertes.

RÉPARTITION DU COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Les recettes d'exploitation et les recettes diverses se sont élevées à ... 185810fr,55

dont il y a lieu de déduire les *frais d'exploitation et frais généraux* s'élevant à ... 116467fr,60

Solde pour bénéfices ... 69342fr,95

Conformément à l'article 41 des Statuts, nous devons prélever tout d'abord :

10 pour 100 pour la réserve légale, soit ... 6934fr,30

Reste disponible ... 62408fr,65

Nous vous proposons de répartir un dividende de 5 pour 100 au capital :

Actions, soit ... 30000fr »

Reste disponible ... 32408fr,65

M. Carrière a droit, par contrat venu d'ailleurs à expiration le 30 septembre 1905, à 10 pour 100 des $\frac{3}{4}$ de cette somme, soit à ... 2430fr,65

Il reste donc une somme de ... 29978fr »

que nous vous proposons de porter à la réserve générale pour amortissements.

Si vous approuvez nos propositions, nos réserves s'élèveront à la somme totale de ... 99066fr,25

se décomposant ainsi :

Réserve légale	13597fr,90
Réserve pour amortissements	85468fr,35

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1905 APRÈS RÉPARTITION DES BÉNÉFICES.

Actif.

	fr
Frais de premier établissement	101113 »
Obligations à souscrire	15000 »
Terrain, immeubles et bâtiments	130931,35
Matériel et outillage	289773,35
Canalisation, lignes et branchements	196675,20
Compteurs	71661,65
Mobilier	5755,70
Marchandises en magasin	19140,90
Installations chez les abonnés	1593,70
Effets à recevoir	177 »
Débiteurs divers	39304,20
Caisse et banques	23514,50
Droits de transmission	870 »
Impôt sur le revenu	1440 »
Total	896970,55

Passif.

Actions	600000 »
Obligations	110000 »
Réserve légale	13597,90
Réserve pour amortissements	85468,35
Coupons actions n° 1	441,50
Coupons actions n° 2	30000 »
Coupons obligations	1406,25
Créanciers divers	30056,55
Créancier à terme	26000 »
Total	896970,55

SOCIÉTÉS TECHNIQUES

Société industrielle de Mulhouse. — Cette Société vient de publier le programme des 138 questions qu'elle met cette année au concours. Les Mémoires, dessins, etc., devront être envoyés avant le 15 février 1907 au président de la Société, marqués d'une courte devise ou épitaphe choisie par l'auteur, en même temps qu'un pli cacheté contenant le nom exact et l'adresse du concurrent.

Un certain nombre de ces questions intéressent les électriciens et les mécaniciens. La plupart de celles-ci, déjà mises au concours l'an dernier, ont été publiées dans ce journal [1], nous renvoyons nos lecteurs à ce numéro, nous bornant à reproduire ci-dessous les textes de trois d'entre elles qui ont été ajoutées ou modifiées.

Fumivore perfectionné. — Médaille d'argent pour un appareil ou une installation simple et économique s'adaptant à divers systèmes de chaudières, permettant de brûler diverses qualités de houilles et donnant une économie réelle et surtout une fumivorité presque complète. L'appareil devra avoir fonctionné pendant un an au moins avec plusieurs systèmes de chaudières.

Commande électrique d'une machine. — Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour la commande électrique d'une machine à imprimer, d'une machine à papier ou de toute autre machine à vitesse très variable par un moteur triphasé alimenté à fréquence et tension constantes. Le rendement du moteur, y compris les pertes accessoires dans les résistances, etc., pour un couple donné qui, à la vitesse de régime, correspondra au moins à 10 chevaux, ne sera jamais inférieur à 0,40 et son facteur de puissance jamais inférieur à 0,40 pour des vitesses variables (par un moyen électrique), du simple au quintuple. A vitesse normale et pour le couple normal mentionné ci-dessus, le rendement et le facteur de puissance seront d'au moins 0,75. Cette application devra avoir fonctionné six mois au moins dans un établissement de l'Alsace. La récompense sera accordée au constructeur, mais l'industriel chez lequel aura été faite l'application pourra également obtenir une médaille.

Commande électrique d'une filature. — Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour une étude comparative du rendement de la commande électrique et mécanique d'une filature ou d'une usine d'industrie textile faisant ressortir les avantages et les inconvénients qui peuvent en découler, et s'appuyant sur des résultats d'expérience.

[1] *La Revue électrique*, t. IV, 15 novembre 1905, p. 287.

Tome VI. **N° 63. — 15 août 1906.**
Publié le 5 septembre.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MOTEURS A GAZ.

Sur le moteur à combustion Diesel. — Lorsque, en 1893, M. R. Diesel annonça la possibilité de transformer directement en énergie mécanique l'énergie calorifique résultant de la combustion du charbon, il ne doutait pas que son nouveau moteur remplacerait à bref délai « la machine à vapeur et les autres moteurs thermiques connus à cette époque ». A la vérité, le charbon ne pouvait être employé dans ce moteur dans l'état où il est utilisé sur la grille d'un générateur de vapeur ou dans un gazogène : il fallait qu'il fût finement pulvérisé pour pouvoir s'enflammer de lui-même par projection dans de l'air amené à une température d'environ 800° par compression adiabatique jusqu'à 250 atmosphères ou tout au moins jusqu'à 90 atmosphères. Toutefois, malgré les inconvénients d'une pulvérisation préalable du charbon et malgré les dangers pouvant résulter d'une forte compression, la théorie assignait au moteur Diesel un rendement économique tellement supérieur à celui des moteurs à vapeur, que beaucoup d'ingénieurs partagèrent les espérances de l'inventeur.

Mais, lorsque de la théorie on passa aux essais, on s'aperçut que la réalisation d'un tel moteur présentait de très grandes difficultés, qui n'ont pu encore être surmontées. Au charbon pulvérisé il fallut substituer un combustible liquide, et la pression maximum dut être réduite à 35 atmosphères.

Cependant, même dans ces conditions de fonctionnement, le moteur Diesel présente des avantages économiques incontestables sur les moteurs à gaz ou à combustible liquide à explosions. D'une part, il utilise mieux que ceux-ci l'énergie calorifique du combustible; d'autre part, il permet l'emploi de combustibles de très faible valeur, tels que les résidus de la distillation du pétrole, dont ne sauraient s'accommoder les moteurs à explosions; et, tout compte fait, il fournit l'énergie mécanique à un prix moins élevé que ceux-ci. A puissance égale il serait même, d'après une étude de M. H.-A. Clark, de Yorkshire College [1], plus économique que le moteur à vapeur consommant du charbon à 15^{fr} la tonne.

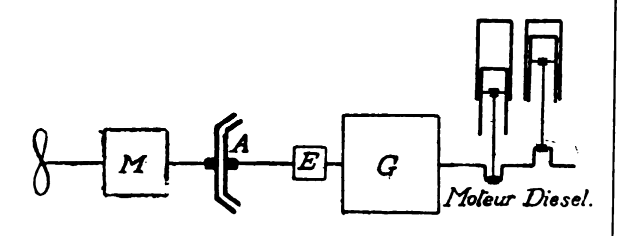
[1] *La Revue électrique,* t. III, 15 janv. 1905, p. 12.

Aussi le moteur Diesel s'est-il, dans ces derniers temps, considérablement répandu, en Allemagne, en Angleterre et en Suisse, et en général dans les pays où les pétroles bruts et leurs résidus de distillation sont à bon marché. Tout récemment la Compagnie générale de navigation sur le lac Léman en a fait l'application à la propulsion d'un de ses chalands, la *Venoge*, et à cette occasion M. P. Hoffet, professeur à l'Université de Lausanne, vient de faire paraître dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* une étude assez détaillée sur le moteur Diesel.

Nous reproduisons ci-dessous la majeure partie de cette étude, dans laquelle on trouvera des renseignements intéressants sur le rendement du moteur Diesel, le principe de son fonctionnement, sa comparaison avec les autres moteurs à gaz ou à combustible liquide et sur la description du type construit par MM. Sulzer frères, à Winterthur (Suisse). Ajoutons, pour compléter, ce renseignement puisé dans une autre partie de l'étude de M. Hoffet : qu'un moteur Diesel à *deux temps* a été récemment construit par MM. Sulzer. Ce moteur, actuellement à l'Exposition de Milan et qui doit être monté ensuite sur un bateau de la Compagnie générale de navigation, présente sur les moteurs à *quatre temps* construits jusqu'ici l'avantage de tourner indifféremment dans un sens ou dans l'autre.

Cet avantage a une très grande importance pour l'application des moteurs Diesel à la traction des véhicules ou à la propulsion des bateaux; il permettrait en effet de supprimer les dispositifs plus ou moins compliqués qui sont aujourd'hui indispensables dans ce genre d'application.

Parmi ces dispositifs signalons celui imaginé par M. Del Proposto et qui a été construit par la Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique, de Genève, précisément pour l'installation du chaland la *Venoge*.



Sur l'arbre du moteur Diesel sont montés : une génératrice G, son excitatrice E et l'un des cônes d'un accouplement magnétique A. Sur l'arbre de l'hélice sont fixés un moteur électrique M et le second cône de l'accouplement. En marche normale, la génératrice et le moteur tournent à vide et l'excitatrice fournit le courant nécessaire au maintien de l'accouplement : le moteur Diesel commande alors directement l'hélice. Pour faire les manœuvres, on coupe le circuit de l'excitatrice, on débraye les cônes et l'on ferme le circuit de la génératrice G sur le moteur M, par l'intermédiaire d'un inverseur de courant et d'un rhéostat qui permettent de faire à volonté marche avant et marche arrière à différentes vitesses. Pour passer ensuite à la marche normale, il suffit d'attendre que la génératrice et le moteur électrique aient la même vitesse, puis d'embrayer les cônes; et enfin de couper l'excitation de la génératrice et du moteur et leur circuit de connexion. Ces diverses opérations s'effectuent automatiquement en amenant un levier de mise en marche dans diverses positions. La puissance du moteur Diesel est de 40 chevaux; celle de la génératrice n'est normalement que de 20 chevaux, mais peut être portée momentanément à 40 chevaux. La génératrice sert à alimenter le treuil électrique de deux grues de chargement lorsque le bateau est arrêté.

Le moteur Diesel, par P. HOFFET, professeur à l'Université de Lausanne (*Bulletin technique de la Suisse romande*, 32e année, 25 juin 1906, p. 133-142). — Parmi tous les moteurs thermiques qui ont été exécutés jusqu'à ce jour, le moteur Diesel tient de beaucoup le record en fait de rendement économique. On sait que le rendement économique d'un moteur thermique est le rapport de la chaleur transformée en travail mécanique à la chaleur emmagasinée dans le combustible, c'est-à-dire au nombre de calories que produirait ce combustible par une combustion parfaite. En d'autres termes, le rendement économique est le rapport du nombre de calories utilisées effectivement dans 1kg de combustible au pouvoir calorifique de ce combustible.

Le Tableau suivant (p. 67) donne en grammes les consommations de combustible obtenues aujourd'hui dans les conditions les plus favorables, le nombre de calories employées pour produire 1 cheval effectif en partant du combustible naturel (pour l'alcool il faudrait ajouter la chaleur employée pour la distillation) et le rendement économique. Les chiffres soulignés sont tirés des sources indiquées dans la dernière colonne et qui ont servi à établir le Tableau.

Ainsi que nous l'avons dit, ces chiffres ont été obtenus dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire en pleine charge et pendant des essais faits avec un soin spécial; on ne pourrait guère les atteindre en exploitation ordinaire et lorsque les moteurs ne marchent pas continuellement en pleine charge.

Le « masut » (résidu de pétrole) que l'on brûle dans le moteur Diesel a un pouvoir calorifique de 10000 calories et, suivant les indications de MM. Sulzer frères, on en brûle, dans les grands moteurs, 185g par cheval-heure en charge normale. La consommation de calories s'élève donc à 1850 calories par cheval-heure et le rendement économique à 34,5 pour 100. Ces chiffres cor-

respondent à une *exploitation normale* et non à des essais faits dans des conditions spéciales. Ajoutons à cela que dans le moteur Diesel la quantité de combustible employé décroît à peu près proportionnellement avec la puissance demandée au moteur, du moins jusqu'à environ 50 pour 100 de la charge normale, et qu'en outre ce moteur peut employer un combustible dont le prix est bien inférieur à celui de tous les autres; nous avons ainsi résumé les avantages économiques du moteur Diesel.

MOTEUR.	POUVOIR calorifique du combustible.	CONSOMMATION en grammes.	CALORIES empl. par cheval-heure effectif.	RENDEMENT économique maximum pour 100.	SOURCE des renseignements.
Machine à vapeur surchauffée de 3000 chevaux (¹).	7500	Houille : 540	**4040**	**15,7**	*Z*, 1902, p. 187 et Étude de M. Diesel [*Z*, 1903, p. 1367 (²)].
Moteur à pétrole (expl.).	10500	Pétrole : **330**	3460	18,3	*Z*, 1903, p. 1367.
Moteur à benzine (expl.).	11000	Benzine : **297**	3270	19,4	Id.
Moteur à benzine (Banki) (expl.).	11000	Benzine : **221**	2440	26,1	Id.
Moteur à gaz pauvre (expl.).	8000	Anthracite : **290**	2320	27,4	Güldner, p. 406 (³).
Moteur à alcool (expl.).	5800	Alcool : **365**	2120	30,0	Essais du prof. Meyer (*Z*, 1903, p. 519). Pouvoir calorifique, d'après Güldner, p. 463.

(¹) La machine à vapeur en question a consommé pendant les essais du 29 novembre 1900, qui ont duré environ 6 heures et demie, 4kg,05 de vapeur par cheval indiqué, la température de la vapeur a été de 314°,36, la pression de 12kg : cm², 3 avant le cylindre de haute pression.
(²) *Z* signifie : *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.*
(³) GÜLDNER, *Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.*

Nous reviendrons plus tard sur les autres avantages de ce moteur, après en avoir exposé rapidement les particularités.

PRINCIPES DU MOTEUR DIESEL. — Le moteur Diesel rentre dans la catégorie des moteurs à quatre temps comme la plupart des moteurs à gaz, benzine, pétrole, etc., que l'on construit actuellement; c'est un moteur à simple effet, dont le piston fait quatre courses et la manivelle deux tours pendant que le fluide moteur accomplit un cycle. Comme dans tous les moteurs que nous venons de citer, le combustible, source d'énergie, est brûlé dans le cylindre de travail lui-même. Toutefois il existe une grande différence entre ceux-ci et le nouveau moteur : dans les premiers, un mélange tonnant, comprimé préalablement à une pression moyenne, est enflammé artificiellement et fait *explosion*, c'est-à-dire brûle presque instantanément au début du 3e temps; dans le moteur Diesel, au contraire, on comprime de l'*air pur* à haute pression et l'on introduit le combustible progressivement dans le cylindre pendant le premier dixième du 3e temps. Ce combustible s'enflamme au fur et à mesure de son admission en entrant en contact avec l'air fortement surchauffé pendant la compression préalable.

Le principe de la combustion progressive dans les moteurs à pétrole, gaz et benzine n'est pas nouveau en lui-même. Il avait été réalisé, quoique beaucoup moins avantageusement, dans les moteurs de Brayton, Gardie, Capitaine, Hargreaves et autres. Mais aucun de ces moteurs n'avait pu soutenir la concurrence des moteurs à explosion réalisant le cycle de Beau de Rochas. Tous les anciens moteurs à combustion progressive marchaient à deux temps. L'air nécessaire à la combustion était comprimé dans une pompe spéciale, à une pression variant entre 4,5 (Brayton) et 7 (Gardie) atmosphères. L'admission du mélange tonnant durait environ le tiers de la première course du piston, la détente des gaz brûlés était donc relativement courte. Les diagrammes ressemblaient beaucoup à ceux d'une machine à vapeur (*fig.* 1).

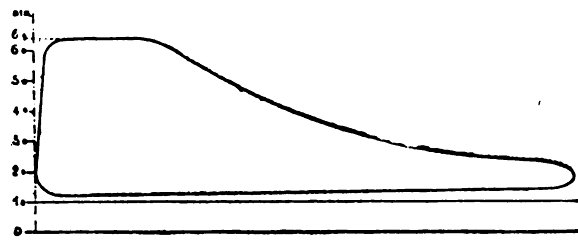


Fig. 1. — Diagramme du moteur de Gardie (¹).

Dans le moteur de Brayton primitif (brevet de 1872), l'air comprimé entre dans le cylindre de travail après avoir traversé un filtre imbibé d'un hydrocarbure lourd. Le liquide pulvérisé par le passage de l'air est projeté sur une toile métallique, derrière laquelle la combustion se maintient sans interruption et sans explosion. Pour mettre le moteur en train, on se sert d'une allumette. La combustion se fait sous une pression d'environ 3,5 atmosphères et le rendement économique atteint à peine 8 pour 100.

Le moteur de Gardie (brevet de 1863, exécution aux environs de 1890) brûle du gaz mixte produit dans le générateur qui porte le nom de Gardie. L'air comprimé est chauffé dans un régénérateur utilisant la chaleur du gaz d'échappement. Une partie de cet air passe direc-

(¹) AIMÉ WITZ, *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole,* 1903.

tement au cylindre de travail, l'autre traverse le gazogène avec un courant de vapeur et forme ainsi, en passant à travers le combustible incandescent, le gaz qui, avec l'air dirigé directement au cylindre, donne le mélange tonnant. L'inflammation se produit au contact d'un allumeur en métal, maintenu au rouge par la combustion même du gaz.

De 1887 à 1890, Hargreaves (¹) a imaginé d'employer comme combustibles des huiles lourdes. L'air comprimé à 5 atmosphères entre dans le cylindre de travail après s'être saturé de vapeur d'eau et surchauffé en traversant un régénérateur utilisant les gaz d'échappement. Pendant la période d'admission, une petite pompe injecte l'huile brute dans le cylindre; celle-ci s'enflamme en rencontrant l'air surchauffé et brûle au fur et à mesure de son introduction. Il n'existe aucun organe pour produire l'inflammation.

A cette même époque Capitaine (²) s'efforçait de son côté de réaliser la combustion progressive dans des conditions économiques. Il s'était proposé de comprimer de l'air pur à une pression très élevée et d'y ajouter du pétrole pulvérisé, en le brûlant graduellement. L'inflammation était obtenue par une flamme dans la machine d'essais construite en 1889-1891 à la fabrique de moteurs Swidersky, à Leipzig. Cette même fabrique a construit des moteurs à explosion dans lesquels le liquide injecté à travers une soupape de pulvérisation était gazéifié sur les parois chaudes du vaporisateur, dont la température suffisait à enflammer le mélange tonnant. Elle a aussi essayé de supprimer pendant la marche le chauffage extérieur du vaporisateur en utilisant la chaleur de compression pour maintenir incandescentes ses parois une fois chauffées par une lampe à alcool (³).

Notons encore que, dans son moteur à compression progressive, Capitaine avait poussé la compression de l'air pur jusqu'à 16 atmosphères, pression correspondant à peu près à la pression maximum obtenue dans les moteurs à explosion de cette époque (⁴).

Pour différentes raisons, les essais de Capitaine furent interrompus. Son moteur d'essais était destiné à utiliser des résidus d'huiles minérales lourdes. D'après M. Güldner (p. 101), il paraît que l'on était arrivé à une consommation de $0^{kg},4$ par cheval-heure, ce qui correspondrait à un rendement économique de 16 pour 100, soit supérieur à celui des meilleures machines à vapeur.

En 1888, Capitaine avait aussi fait construire dans les ateliers de A. Monski, à Eilenburg (⁵), un moteur à pétrole à explosion avec injection d'eau réglable; cette injection d'eau devait amener le mélange exactement à sa température d'inflammation, après une compression subséquente très forte. En réglant la quantité d'eau injectée, il voulait empêcher une inflammation prématurée. Tous les essais faits dans ce but jusqu'en 1894 ont été infructueux, car Capitaine ne cherchait à utiliser la compression que jusqu'à la température d'inflammation.

Tout au contraire, l'ingénieur Donat Banki, dont le moteur a été exposé en 1900 à Paris (Vincennes), s'est efforcé de pousser la compression très loin sans risque d'inflammation prématurée en injectant suffisamment d'eau dans le mélange tonnant pendant la période d'aspiration; il allume le mélange tonnant au moyen d'un tube incandescent. Avec une compression d'environ 16,4 atmosphères il atteint une pression de 38 atmosphères à l'explosion.

Les avantages obtenus par la haute compression sont en partie annulés par l'injection d'eau et, comme le montre le Tableau comparatif, le rendement économique du moteur Banki, quoique très élevé, n'atteint de loin pas celui du moteur Diesel.

Tous les moteurs à combustion progressive dont nous avons parlé sont tombés dans l'oubli à côté des moteurs à explosion et l'on n'aurait peut-être plus songé à appliquer la combustion progressive sans l'intervention d'une brochure sensationnelle publiée en 1893 par M. R. Diesel, ingénieur, à Munich. Cette brochure portait le titre: *Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmachine und der heute bekannten Wärmemotoren.* (Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel devant remplacer la machine à vapeur et les autres moteurs thermiques connus actuellement.)

Diesel résume ses recherches dans les conclusions suivantes:

1° La plus haute température du cycle ne doit pas être obtenue par la combustion, mais indépendamment de celle-ci par une compression mécanique d'air pur;

2° Introduction graduelle de combustible pulvérisé dans cet air comprimé et surchauffé de ce fait pendant une partie du retour du piston, la quantité de combustible étant telle que la combustion se fasse à température constante;

3° Choix judicieux de la quantité d'air suivant la température de combustion, afin que la réfrigération artificielle des parois du cylindre ne soit pas nécessaire pour la bonne marche du moteur.

L'application de ces thèses a été démontrée par Diesel sur la base d'un moteur de 100 chevaux devant marcher avec de la *poussière de charbon* et pour lequel il avait calculé les dimensions principales. Ce moteur devait réaliser le cycle de Carnot (*fig.* 2) en parcourant les évolutions suivantes:

AB: Compression *isothermique* de l'air pur avec injection d'eau jusqu'à une pression de 2,88 atmosphères.

BC: Compression *adiabatique* de cet air jusqu'à 250 atmosphères, de façon à obtenir une température finale de 800° C., qui est la température d'inflammation de la poudre de charbon.

CD: Introduction de la poussière de charbon dans l'air comprimé, mais seulement en quantité telle que pendant sa combustion progressive la température reste *constante*.

DA: Détente adiabatique jusqu'à la pression initiale.

(¹) HUGO GÜLDNER, *Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.*

(²) HUGO GÜLDNER, *Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.*

(³) A. MUSIL, *Die Motoren für Gewerbe und Industrie.*

(⁴) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,* 1895, p. 1051.

(⁵) A. MUSIL, *Wärmemotoren,* 1899, p. 62.



Diesel lui-même reconnaît dans sa brochure que ce cycle n'est pas réalisable pratiquement. Il craint spécialement la pression de 250 atmosphères et, pour arriver plus facilement à un résultat pratique, il traite encore

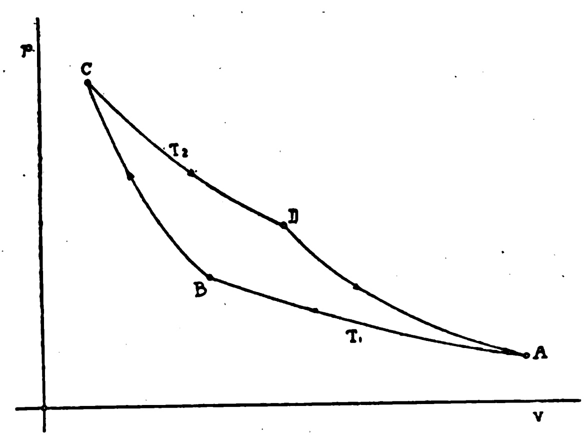


Fig. 2. — Cycle de Carnot.

un autre cycle, dans lequel il élimine la compression isothermique et passe de A à C directement par une compression adiabatique, lui assurant déjà la température de 800° à une pression de 90 atmosphères, mais avec un rendement inférieur.

Finalement, la machine qui a été construite par les Ateliers de construction d'Augsbourg et qui a servi aux premiers essais de 1893 à 1897 ne comprimait qu'à 35 atmosphères, fonctionnait au pétrole et sans manteau d'eau. Aux moteurs d'essais suivants on ajouta ce dernier et l'on arriva finalement à réaliser un nouveau cycle, connu sous le nom de cycle de Diesel, mais qui diffère sensiblement de celui que l'inventeur préconisait pour son moteur rationnel. Le moteur Diesel actuel est donc caractérisé essentiellement par la haute compression de l'air pur jusqu'à la température à laquelle commence la combustion progressive, et par l'absence d'un inflammateur quelconque. La première communication publique sur le moteur Diesel réalisé a été faite en 1897 par M. Diesel lui-même, à la 38e Assemblée générale de la Société des ingénieurs allemands (¹).

Déjà en 1897 la consommation du pétrole n'est que de 240g par cheval-heure d'après les essais faits par M. le professeur Schröter, de Munich (²), alors que les autres moteurs à pétrole en consomment le double.

Dès lors la supériorité du moteur Diesel est reconnue universellement, et plusieurs maisons de construction de premier rang se mettent à l'œuvre pour le perfectionner encore. On a même cru pouvoir revenir à l'idée primitive d'employer de la poussière de charbon comme combustible, mais, après des essais faits en 1890, on y a renoncé définitivement, et actuellement le moteur Diesel est essentiellement un moteur à huiles lourdes.

(¹) Voir *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1897, p. 785.

(²) Voir *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1897, p. 889.

Comparaison avec les moteurs a explosion. — Pour faciliter la comparaison des cycles d'un moteur à explosion, marchant dans des conditions normales, et d'un moteur Diesel tel qu'on le construit actuellement, nous avons superposé, après les avoir réduits aux mêmes échelles, un diagramme pris sur un moteur Diesel de MM. Sulzer frères et un diagramme d'un moteur à gaz pauvre de MM. Crossley frères (*fig.* 3). Ce qui nous frappe à première vue, c'est la rapidité avec laquelle monte la pression de 7 à 22,5 atmosphères dans le moteur à explosion et le choc considérable qui se produit dans l'intérieur du cylindre, tandis que la pression bien supérieure est atteinte doucement dans le moteur Diesel, qui réalise de ce fait une marche tranquille à n'importe quelle vitesse. Inutile de dire que ce nouvel avantage est des plus précieux, tant au point de vue de la régularité de marche que de la sécurité.

En outre, nous pouvons être assuré avec le moteur Diesel que l'inflammation du combustible se fera sans faute.

Voici maintenant le fonctionnement des deux moteurs considérés :

		MOTEUR à explosion.	MOTEUR à combustion progressive.
4 — 1	1er temps	Aspiration du mélange.	Aspiration d'air pur.
1 — 2	2e temps	Compression du mélange à 7atm, température finale inférieure à la température d'inflammation.	Compression de l'air pur à 33atm,5; température finale supérieure à la température d'inflammation.
2 — 2₁	3e temps	Inflammation du mélange par un inflammateur, explosion.	Injection du combustible liquide, inflammation au contact de l'air chaud, combustion.
2₁ — 3		Détente.	Détente.
3 — 4	4e temps	Échappement.	Échappement.

Dans le moteur à explosion, la compression du mélange est limitée par l'inflammabilité du combustible qui, elle-même, dépend des proportions du mélange et de la pression à laquelle le mélange est soumis. D'après les essais qui sont connus jusqu'à présent, il est difficile de dire à quelle température et sous quelle pression un mélange déterminé s'enflammera spontanément et sans l'intervention d'une flamme ou étincelle.

Suivant M. Güldner (¹), un mélange de gaz pauvre et d'air dans le rapport des volumes de 1 : 1,5 s'enflammerait à environ 750° C.; si l'on ne tient donc pas compte de ce que l'inflammabilité doit augmenter avec la pression, on devrait pouvoir comprimer le mélange de gaz et d'air bien plus qu'on ne le fait dans la pratique, ainsi

(¹) Hutte, *Des Ingenieurs Taschenbuch*, 1905, t. I, p. 1076.

que le montre la figure 4, dans laquelle nous représentons une courbe de compression adiabatique donnant les températures en degrés centigrades atteintes par cette

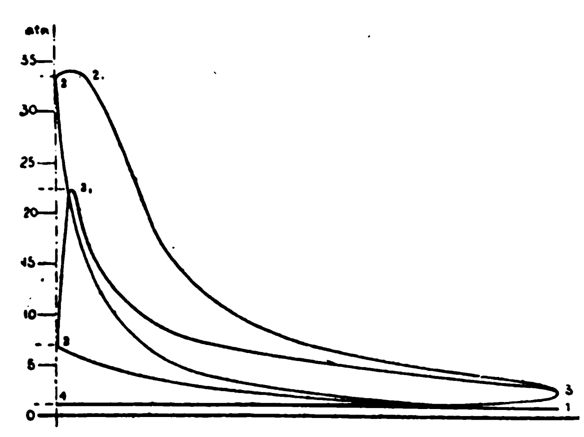


Fig. 3. — Diagramme Diesel et diagramme d'un moteur à explosion.

compression. Nous avons admis une pression initiale de 0,9 atmosphère, correspondant à la pression à la fin de la période d'aspiration, et une température

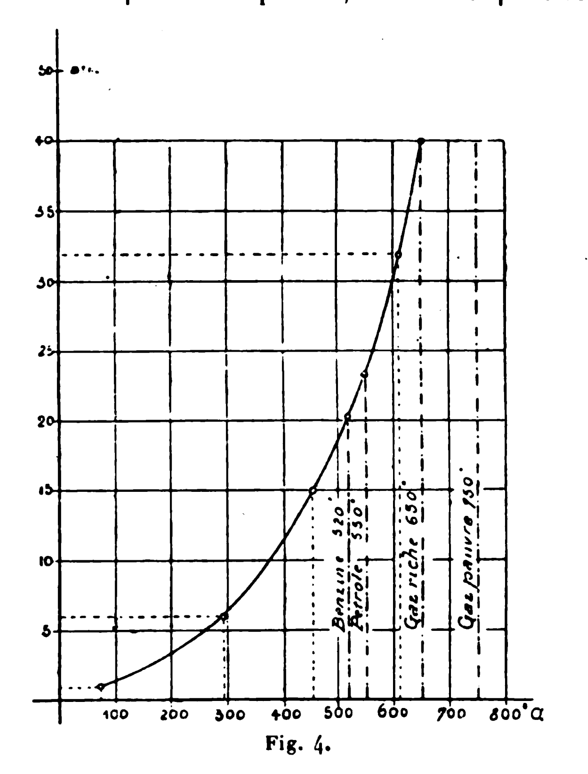


Fig. 4.

initiale de 75° C.; la courbe a été calculée avec l'exposant $x = \frac{C_p}{C_v} = 1,35$ et en supposant $pv^x = $ const. (p = pression; v = volume spécifique du mélange).

On sait depuis longtemps qu'en augmentant la compression préalable d'un moteur à explosion on en augmente le rendement thermique, qui s'exprime par

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{p_a}{p_c}\right)^{\frac{x-1}{x}},$$

p_a étant la pression à la fin de l'admission et p_c la pression à la fin de la compression. Le rendement η_t augmente d'abord rapidement avec le degré de compression, puis toujours moins, à mesure que la compression est poussée plus loin. Comme le rendement mécanique η_m diminue naturellement à mesure que les pressions exercées sur les organes en mouvement deviennent plus grandes et que cette diminution du rendement mécanique finit par être plus importante que l'augmentation du rendement thermique, il s'ensuit que le rendement économique, qui est le produit des deux autres, soit $\eta_e = \eta_m \times \eta_t$, atteint un maximum qui, d'après M. Güldner, est limité par des degrés de compression de 16 à 20 atmosphères pour les moteurs à explosion. Le rendement économique est en outre diminué par les déperditions de chaleur à travers les parois du cylindre et ces pertes augmentent avec le degré de compression. Il serait donc inutile de vouloir atteindre des compressions plus fortes.

On a du reste été fort prudent dans le choix de la compression préalable et ce n'est que progressivement que l'on a admis des pressions allant en moyenne jusqu'à 6 atmosphères pour gaz de ville, 12 atmosphères pour gaz pauvre, 4 atmosphères pour benzine, 6 atmosphères pour pétrole.

En effet, si l'on comprime adiabatiquement, c'est-à-dire sans *soustraire de la chaleur*, on élève considérablement la température du mélange tonnant et l'on augmente son inflammabilité. Au delà de certaines limites de pression préalable, le moteur est donc exposé à des allumages spontanés et prématurés, et à des explosions violentes, présentant un grand danger et se traduisant par des coups secs sur tous les organes de la machine. Ces allumages spontanés sont d'autant plus à risquer que les molécules de combustible et d'air sont rapprochées les unes des autres par la compression, et peuvent être provoquées par des particules incandescentes provenant du cycle précédent.

Cependant M. Güldner cite entre autres dans son Ouvrage, à la page 406, un moteur à gaz de ville de 450 chevaux, construit par les Ateliers de construction d'Augsbourg, marchant avec une compression de 9,5 atmosphères et une pression maximum de 31 atmosphères, puis des moteurs à gaz pauvre de 30 à 100 chevaux avec compression préalable de 14 à 16 atmosphères, ayant donné un rendement exceptionnellement favorable. Pour pouvoir atteindre des pressions aussi fortes, il faut naturellement se servir de mélanges très pauvres et, avec le pétrole, il ne serait pas possible d'atteindre ces pressions sans l'injection d'eau de Banki, qui, comme nous l'avons déjà dit, atténue l'amélioration du rendement obtenu par la haute compression.

Dans les moteurs à explosion, l'inflammation du mélange comprimé est obtenue par une étincelle électrique ou par un corps incandescent.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, dans le moteur Diesel on ne comprime que de l'air pur et le combustible n'est introduit dans le cylindre qu'au départ du piston pour la course utile, en brûlant au fur et à mesure de son admission. Le degré supérieur de compression n'est donc pas limité par l'inflammabilité du combustible, mais uniquement par des considérations pratiques telles que la température moyenne maximum que peuvent supporter le cylindre et le graissage; les dimensions des différents organes, qui augmentent naturellement avec la compression, demandent un volant plus lourd et diminuent finalement le rendement mécanique. Ceci étant donné, on peut admettre, dans les conditions actuelles, une pression maximum de 35 atmosphères dans le moteur Diesel. Mais, avec cette pression, on obtient une température bien suffisante pour allumer le combustible liquide pulvérisé. En effet, si nous partons d'une pression de 0,9 atmosphère et d'une température initiale de 75° C., la compression à 32 atmosphères pour $x = 1,35$ amène l'air à une température de 610° C. (voir *fig.* 4) et le combustible que l'on emploie dans le moteur Diesel s'enflamme déjà entre 530° et 580° C.

Le rendement thermique du moteur Diesel dépend non seulement du degré de compression et de l'exposant x, mais encore de la durée de l'admission du combustible, soit de la combustion. Il s'exprime ainsi :

$$\eta_t = 1 - \frac{\left(\frac{v_1}{v_c}\right)^x - 1}{x\left(\frac{v}{v_c}\right)^{x-1}\left(\frac{v_1}{v_c} - 1\right)};$$

v désignant le volume total du cylindre, y compris la chambre de compression, v_c le volume de la chambre de compression, v_1 le volume occupé par les gaz au commencement de la détente.

M. Güldner [1] compare le rendement d'un moteur Diesel, calculé ainsi pour un degré d'admission de 10 pour 100 et une pression maximum de 33 atmosphères, au rendement thermique d'un moteur à explosion, travaillant également à une pression maximum de 33 atmosphères, et pour cela avec une compression préalable de 13-15 atmosphères. Pour le moteur à combustion progressive on aurait $\eta_t = 0,564$, et pour le moteur à explosion $\eta_t = 0,55$. Dans ces conditions de pression, le rendement thermique serait presque équivalent pour les deux cycles et deviendrait même inférieur pour le moteur à combustion progressive avec un degré d'admission plus grand. Pour que la supériorité du rendement thermique du moteur Diesel se fasse vraiment sentir, il faudrait de beaucoup dépasser avec la pression maximum du moteur à combustion progressive celle que l'on peut atteindre, sans danger d'explosion prématurée, avec le moteur à explosion. La pression maximum du moteur Diesel semble être limitée actuellement à 33 atmosphères. Nous avons cité un moteur à gaz de ville atteignant une pression maximum de 31 atmosphères et un moteur à gaz pauvre avec compression préalable de 14 à 16 atmosphères.

Pour les moteurs à gaz, le cycle de Diesel, compris entre les limites de pressions actuelles, ne semble donc pas avoir d'avantages au point de vue du rendement thermique. Lorsqu'il s'agit de combustibles liquides dont la température d'inflammation est plus basse, la question se pose autrement. Des compressions préalables de 15 atmosphères ne peuvent être atteintes avec ceux-ci qu'en refroidissant énergiquement le mélange par injection d'eau (Banki) ou par la surface extérieure du cylindre; mais on perd par ce moyen une grande partie de ce que l'on gagne par la forte compression. Pour les combustibles liquides le cycle de Diesel est donc préférable, car il permet de travailler, sans réfrigération exagérée, à une pression maximum que l'on ne pourrait guère atteindre autrement avec le cycle de Beau de Rochas.

Lorsqu'il ne s'agit pas seulement du rendement *thermique* maximum que l'on peut atteindre avec les deux cycles, rendement basé sur des diagrammes théoriques plus ou moins conformes aux diagrammes réels, mais du rendement *économique*, l'avantage du cycle de Diesel se montre surtout dans l'emploi d'huiles lourdes brûlant difficilement à des températures relativement basses. La haute température réalisée pendant la compression, la pulvérisation parfaite du combustible pendant son injection et son mélange intime avec l'air, assurent une combustion parfaite, grâce au grand excès d'air admis dans le moteur Diesel. Aussi les gaz d'échappement sont-ils incolores et inodores lorsque le réglage est bien fait. Une proportion trop forte de combustible se dénoncerait par l'odeur et la couleur de ces gaz. Le combustible employé généralement pour les moteurs Diesel est le masut de Galicie.

Le masut s'évapore difficilement et ne prend donc feu au contact d'une flamme qu'à une température relativement élevée. Entre 80° et 180° C., il dégage des vapeurs inflammables à sa surface et le liquide lui-même n'entre en combustion que quand la chaleur produite par la combustion des vapeurs a suffisamment élevé sa température. Le masut est donc un combustible peu dangereux et pas exposé, comme le pétrole lampant et la benzine, à des explosions inattendues. Le principal avantage du masut est son prix extrêmement bas. Il se paie aujourd'hui en Suisse 8^{fr} à 9^{fr} les 100^{kg}; son pouvoir calorifique est de 10000 calories et l'on en dépense environ 220^{g} par cheval-heure pour les moteurs de faible puissance et, suivant des renseignements que nous devons à MM. Sulzer frères, tout au plus 185^{g} pour les grandes unités.

La dépense maximum de combustible s'élève donc à $0^{fr},02$ par cheval-heure pour les petits moteurs et elle peut s'abaisser jusqu'à $0^{fr},015$ pour les grands moteurs, en supposant que l'on marche toujours à puissance normale.

La benzine coûtant environ 25^{fr} les 100^{kg}, un moteur qui en emploie 300^{g} par cheval-heure dépensera donc $0^{fr},075$ par cheval-heure, tandis que, pour une machine à vapeur, on peut estimer le coût par cheval-heure à Lausanne à environ $0^{fr},03$ à $0^{fr},04$ au minimum, dans de bonnes conditions. Ajoutons encore les frais de main-d'œuvre et graissage, qui sont bien plus élevés pour la machine à vapeur.

[1] *Verbrennungsmotoren*, p. 162.

Avec le moteur Diesel, comme avec la machine à vapeur, on règle la vitesse en proportionnant la consommation de combustible au développement d'énergie; le rendement économique ne diminue donc avec le travail produit que parce que le travail de frottement et les pertes de chaleur ne décroissent pas aussi rapidement que le travail utile. Pour faire diminuer la puissance du moteur Diesel on abrège la période de combustion, mais en conservant la pression. La combustion est donc toujours normale et complète, c'est-à-dire économique. Dans les moteurs à explosion qui ne se règlent pas d'après le système *tout ou rien,* mais par une variation des proportions du mélange tonnant, la combustion se fait dans des conditions différentes, suivant la quantité de combustible admis et la pression qu'elle permet d'atteindre. L'explosion est d'autant plus violente que le mélange aura été riche, et la combustion ne peut être réalisée dans les conditions les plus avantageuses que pour une proportion déterminée du mélange. Dans l'ensemble, l'économie du moteur souffrira donc de cette manière de régler la puissance.

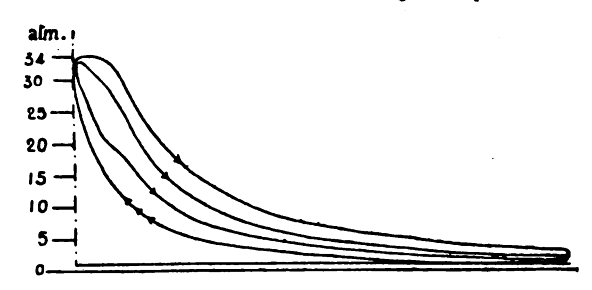


Fig. 5. — Diagrammes montrant la variation de la puissance dans un moteur Diesel.

Les figures 5 et 6 montrent plusieurs diagrammes superposés pour un moteur Diesel et un moteur à explosion, marchant à puissance variable.

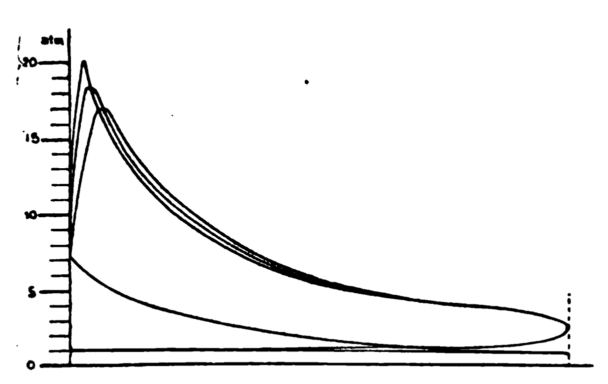


Fig. 6. — Diagrammes montrant la variation de la puissance dans un moteur à explosion.

La régularité de la marche est mieux assurée dans le moteur Diesel que dans les moteurs à explosion, car la production de travail a lieu à chaque cycle et l'inflammation du combustible ne peut jamais manquer, comme cela arrive non seulement d'une manière voulue avec les moteurs qui travaillent suivant le système *tout ou rien,* c'est-à-dire en laissant manquer de temps en temps une ou plusieurs explosions suivant les besoins, mais aussi accidentellement par suite d'un mauvais réglage de l'inflammation, d'un mélange trop pauvre ou d'une température trop basse.

Le moteur Diesel est toujours prêt pour le démarrage, étant donnée l'absence d'un appareil d'inflammation. Il est non seulement le plus économique des moteurs thermiques, le plus régulier de marche, le moins exposé à des accidents, mais aussi le moins encombrant, étant donnée la haute pression à laquelle il travaille.

Sans aucun doute, c'est au moteur Diesel qu'appartient l'avenir, parmi les moteurs à combustibles liquides. Il constitue le plus grand progrès qui ait été fait depuis longtemps dans le domaine des moteurs à combustion progressive ou instantanée.

Description du moteur Diesel. — Les figures 7 et 8, que nous devons à la complaisance de MM. Sulzer frères, nous donnent une idée assez complète du moteur,

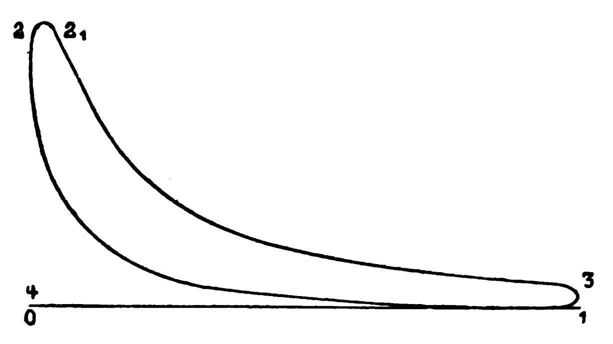


Fig. 7. — Diagramme d'essai d'un moteur Diesel.

sans qu'il soit nécessaire de le décrire dans tous ses détails. La grande pression exercée sur le piston nécessite une résistance considérable de tous les organes qui en dépendent, c'est ce qui explique la construction robuste de la machine, sans que pour cela elle ait un aspect massif et lourd.

Le manteau d'eau est compris entre le cylindre et la partie supérieure du bâti. Le cylindre lui-même est fondu à part en fonte spéciale et ajusté dans le bâti; il est retenu par la boîte de distribution, qui contient la soupape d'aspiration d'air A, la soupape de combustible B, la soupape d'échappement C et une soupape D pour le démarrage; cette dernière est fermée pendant la marche normale du moteur. La commande des soupapes A, B, C se fait depuis l'arbre de distribution S par des cames soulevant des leviers coudés; des ressorts antagonistes ramènent les soupapes sur leurs sièges. L'arbre S est commandé par deux paires de roues hélicoïdales et par l'arbre vertical qui porte le régulateur R. Celui-ci agit sur la soupape d'aspiration de la pompe du combustible P et en modifie la course suivant la puissance que doit développer le moteur; il règle ainsi la quantité de combustible admis. De la pompe P le combustible est amené au pulvérisateur Z, dans lequel il se

mélange avec de l'air hautement comprimé; après avoir traversé un certain nombre de petits trous et des canaux étroits ménagés dans le pointeau de la soupape B, il arrive parfaitement pulvérisé dans le cylindre de travail. C'est le pulvérisateur qui constitue la partie la plus délicate du moteur. Si les canaux arrivaient à se boucher, la ligne d'admission du diagramme s'abaisserait et l'inflammation serait retardée. C'est pour cela que l'air qui sert à pulvériser le combustible doit arriver avec une pression bien supérieure à celle de la combustion. Cet air est comprimé à $50\text{-}60^{atm}$ dans une pompe à deux étages; anciennement il était pris comme dans la figure 6 au cylindre de travail pendant la période de compression, au moment où celle-ci avait

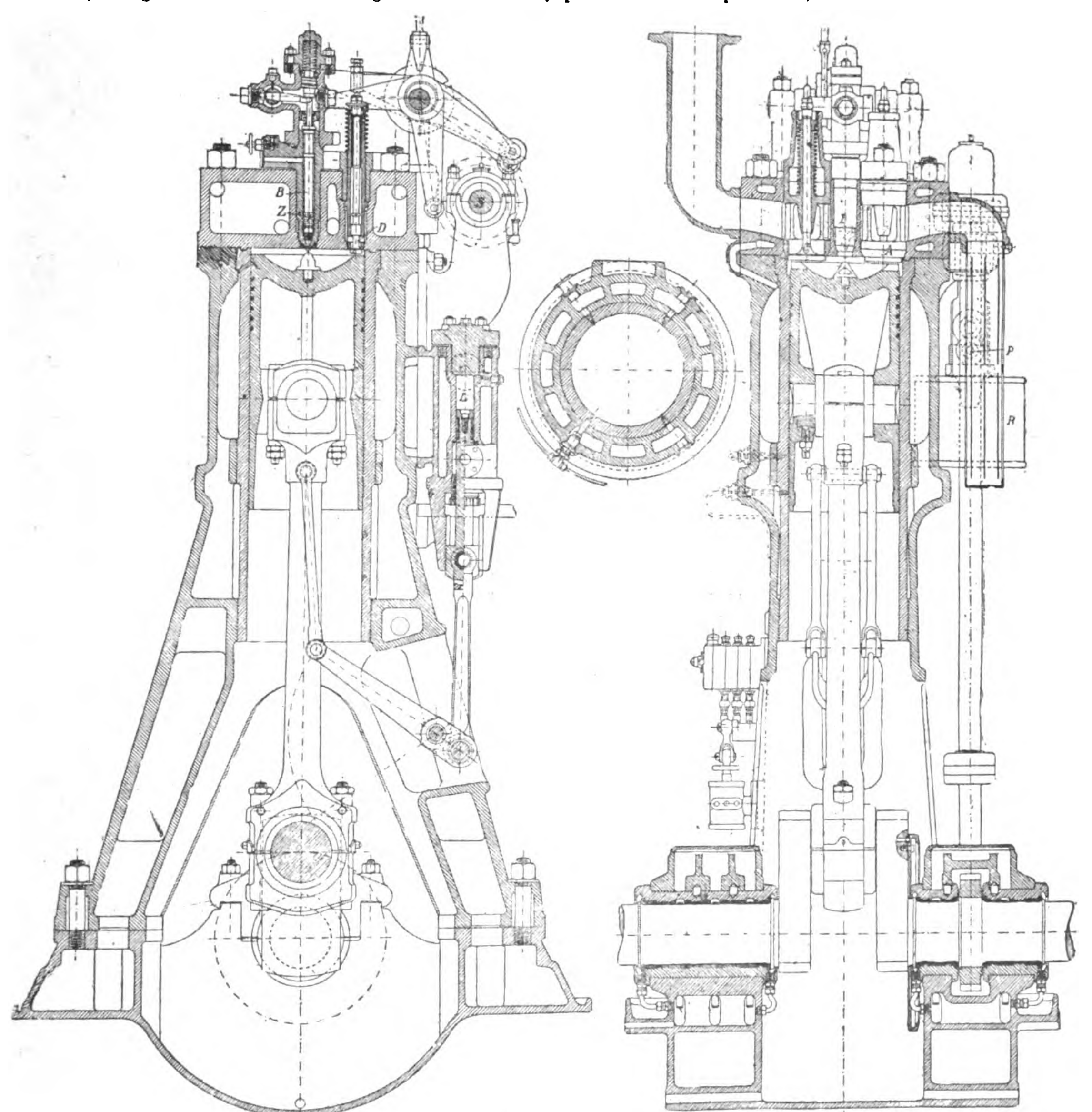


Fig. 8. — Moteur Diesel construit par MM. Sulzer frères, à Winterthur.

atteint environ 10^{atm}, puis il était comprimé complètement dans la pompe L, qui pouvait de ce fait avoir des dimensions assez restreintes. La pompe à air L est commandée par un levier prenant son mouvement sur la bielle motrice; elle est refroidie comme le cylindre de travail par une circulation d'eau. L'air servant à l'injection est d'abord expédié dans un réservoir en acier.

Pour faire démarrer le moteur, on se sert également d'air comprimé, qui est emmagasiné par le moteur lui-même dans des réservoirs spéciaux, d'où il est amené dans le cylindre par la soupape D. Ces réservoirs sont remplis pour la première fois dans les ateliers par le moteur lui-même au moment des essais, puis on les expédie chargés avec le moteur, qui est prêt à marcher,

dès que son montage est terminé, sans aucun préparatif spécial.

Le graissage des paliers principaux se fait à l'aide de bagues, les autres parties frottantes principales sont graissées automatiquement par une pompe à huile.

La quantité d'eau nécessaire au refroidissement du cylindre de travail et de la pompe à air est très minime et ne comporte en moyenne que 12¹ à 15¹ par cheval-heure effectif.

Suivant la puissance des moteurs, leur nombre de tours varie de 150 à 300 par minute; mais, comme la consommation de combustible varie tout au plus de 25 pour 100 des plus petits aux plus grands moteurs, on n'est pas obligé de construire de grandes unités centrales, par économie, ainsi que cela se fait de plus en plus pour les machines à vapeur, car ici les petites machines de 10 à 20 chevaux consomment par cheval-heure environ deux ou trois fois plus de combustible que les grandes machines de 2000-3000 chevaux.

Procès-verbal d'essais de réception faits sur un moteur de la Société de Winterthur, par AIMÉ WITZ. — Ce moteur, installé à l'usine à gaz de Déville-les-Rouen, commande par courroie un alternateur triphasé fourni par la Compagnie de Creil.

Les essais ont été effectués les 26 et 27 mars 1906. La puissance électrique développée était mesurée au moyen d'appareils étalons précis; des rhéostats à liquide permettaient de faire varier à volonté et instantanément la puissance du groupe; un compteur de tours automatique enregistrait le nombre de révolutions effectuées et un tachymètre permettait de noter les vitesses angulaires instantanées; de nombreuses prises de gaz donnaient le pouvoir calorifique moyen pendant la durée de chaque essai; la température du gaz était prise au compteur même et sa pression était mesurée entre la sortie du compteur et l'entrée au cylindre.

Le premier jour on fit un essai de 8 heures à pleine charge, puis un essai de 1 heure en surcharge. Le second jour les essais furent faits à charge décroissante : trois quarts de charge pendant 1 heure, demi-charge puis quart de charge pendant 1 heure également, à vide l'alternateur tournant pendant 15 minutes; enfin à vide la courroie tombée pendant 1 heure. Les résultats des essais sont indiqués dans le Tableau ci-joint :

	ESSAI I. — Pleine charge.	ESSAI II. — Surcharge.	ESSAI III. — $\frac{3}{4}$ de charge.	ESSAI IV. — $\frac{1}{2}$ charge	ESSAI V. — $\frac{1}{4}$ de charge.	ESSAI VI. — A vide.	ESSAI VII. — A vide, moteur seul.
Pression barométrique	754^{mm},8	755^{mm}	756^{mm}				
Pression manométrique	6^{mm},7	6^{mm},7	7^{mm},5				
Pression totale du gaz	761^{mm},5	761^{mm},7	763^{mm},5				
Température du gaz	13°,8	14°,25	?				
Coefficient de correction du volume	0,9537	0,9527	$1{,}0046 \times 0{,}9478 = 0{,}9521$				
Pouvoir calorifique du gaz	5270 calories		5329 calories				
Tension	3946^{volts}	4099^{volts}	3712^{volts}	4009^{volts}	3267^{volts}		
Intensité par phase	6^{amp},45	7^{amp},1	5^{amp},33	3^{amp},37	1^{amp},99		
Puissance ($\cos\varphi = 1$)	44^{kw},082	50^{kw},406	34^{kw},268	23^{kw},40	11^{kw},26		
Vitesse angulaire	202$^{t:m}$,69	200$^{t:m}$,40	203$^{t:m}$,47	205$^{t:m}$,30	205$^{t:m}$,95	205$^{t:m}$	204$^{t:m}$,7
Consommation horaire de gaz	32$^{m^3}$,904	38$^{m^3}$,700	26$^{m^3}$,380	20$^{m^3}$,590	15$^{m^3}$,670	13$^{m^3}$,284	10$^{m^3}$,880
Volume réduit à 0° et 760^{mm}	31$^{m^3}$,380	36$^{m^3}$,869	25$^{m^3}$,116	19$^{m^3}$,604	14$^{m^3}$,919	12$^{m^3}$,648	10$^{m^3}$,359
Calories consommées par heure	165373	194300	133843	104470	79503	67401	55205
Consommation horaire en gaz par kw-h	711¹,8	731¹,4	732¹,9	837¹,8	1321¹,9		
Consommation horaire en calories par kw-h	3751	3854	3906	4464	7060		

Les courbes de la figure 1 donnent, d'après ces résultats, la consommation horaire en calories pour la

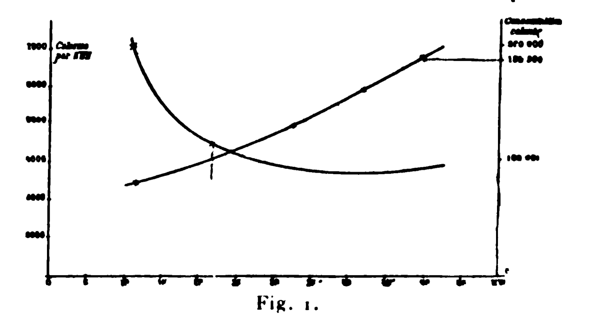


Fig. 1.

puissance totale développée et cette consommation par kilowatt-heure. Le Tableau ci-dessous indique les valeurs de cette dernière, celles qui étaient garanties par le constructeur et la vitesse angulaire.

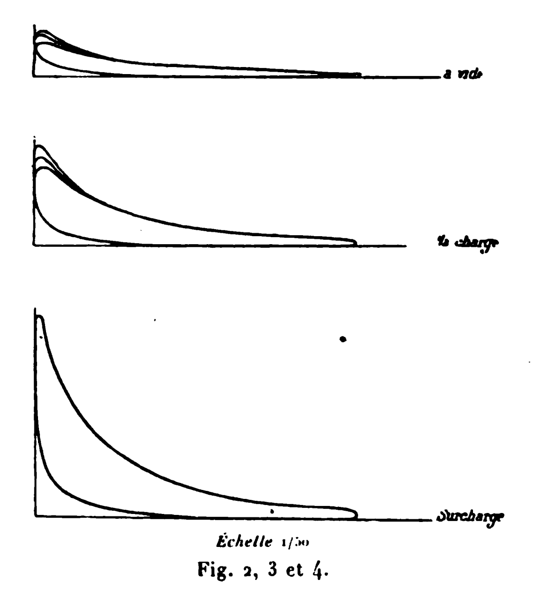
CHARGES.	VITESSE angulaire en tours : minute.	CALORIES consommées par kilowatt-heure.	CALORIES garanties par kilowatt-heure.
Surcharge	200,40	3854	4004
Charges	202,69	3751	4187
$\frac{3}{4}$ de charge	203,47	3906	4667
$\frac{1}{2}$ charge	205,30	4464	5625
$\frac{1}{4}$ de charge	205,95	7060	8300

On voit que la consommation est, à toutes charges, inférieure à celle qui avait été garantie; ce résultat est



d'autant plus intéressant que la consommation garantie était déjà très faible. On voit en outre que, contrairement à ce qui avait été prévu, le minimum de consommation correspond à la pleine charge, ce qui pourrait être dû à l'alternateur et non pas au moteur.

Les diagrammes (*fig.* 2 à 4) sont restés satisfaisants à toute charge et il n'a été constaté ni ratés d'allumage, ni allumages prématurés, bien que l'eau de réfrigération ait été mesurée strictement.



Échelle 1/30

Fig. 2, 3 et 4.

La variation de la vitesse avec la charge a été l'objet d'autres essais effectués en faisant passer brusquement le moteur de la marche en charge ou en surcharge à la marche à vide; les résultats obtenus sont les suivants, sans qu'il y ait eu intervention du conducteur :

	t:m		t:m
Moteur en charge...	198	Moteur en surcharge.	196,5
Mise à vide.........	208	Mise à vide.........	207
Après 30 secondes...	206	Après 30 secondes ..	205
Après 1 minute.....	204	Après 1 minute.....	203

Le plus grand écart de vitesse est donc de 10 tours sur 200; la garantie était de 12. Le régulateur est d'ailleurs pourvu d'une balance de réglage qui sert à mettre le groupe électrogène à la vitesse qui convient pour la mise en parallèle de l'alternateur; cette mise en parallèle s'est toujours effectuée avec la plus grande aisance.

Action sur les métaux des gaz d'échappement des moteurs à gaz (*L'Industrie électrique*, t. XV, 25 août 1906, p. 370). — D'après la *Gasmotoren Technick*, la maison Julius Pintsch, de Berlin, a fait des essais en vue de reconnaître l'action des gaz d'échappement sur divers métaux et alliages. Ceux-ci étaient utilisés sous forme de plaques métalliques de $200^{mm} \times 200^{mm}$ de côtés et de 2^{mm} à 4^{mm} d'épaisseur. Ces plaques étaient disposées de manière à être entourées de toutes parts par les gaz d'échappement d'un moteur alimenté par un gazogène; la température de ces gaz était de 370°. L'essai pour chaque plaque a duré 5 mois (sauf dimanches et fêtes) avec une marche journalière de 11 heures.

La perte de poids, rapportée à l'unité de surface, pendant la durée des essais a été :

	g : dm².
Tôle de laiton (60 Cu, 40 Zn)......................	2,9
Tôle de cuivre......................................	20,8
Tôle de nickel......................................	2,8
Acier au nickel (26 pour 100 Ni)..................	4,6
Acier au nickel (6 pour 100 Ni)...................	5,9
Fer coulé (Martin-Siemens doux)...................	6,9
Bronze coulé (88 Cu, 12 Sn)........................	116,7
Tôle de maillechort (72 Cu, 28 Ni)................	3,4

On voit que le nickel et ses alliages sont peu attaqués; au contraire le bronze est rapidement attaqué; l'attaque du cuivre est également assez importante.

Des essais ont aussi été faits sur la fonte; celle-ci résiste assez bien surtout lorsque la croûte formée au moment de la coulée est restée.

Il est à observer que la température des gaz d'échappement utilisés dans les essais est bien supérieure à celle que l'on a en pratique avec des moteurs à gaz convenablement refroidis. Mais avec les turbines à gaz on dépasserait sans doute la température des essais.

DYNAMOS A COURANT CONTINU.

Dynamo à haute tension et grande vitesse angulaire, par H.-M. HOBART (*Electrician*, t. LVII, 29 juin 1906, p. 424-425). — La construction des dynamos à courant continu, destinées à être accouplées à des turbines à vapeur, présente comme on sait des difficultés sérieuses, tant par suite des effets de la force centrifuge sur le collecteur, que par suite de l'importance de la réaction d'induit qui empêche d'obtenir une bonne commutation. Pour diminuer la force centrifuge qui s'exerce sur le collecteur, on est conduit à donner à celui-ci un diamètre assez faible et, pour arriver à obtenir une bonne commutation, on emploie généralement aujourd'hui des pôles auxiliaires.

M. Hobart, qui s'est beaucoup occupé de la construction de ces dynamos, prétend qu'il est néanmoins possible de réaliser actuellement des dynamos de grande puissance, haute tension et de vitesse angulaire élevée. Les difficultés diminuent d'ailleurs à mesure que la tension augmente et il est arrivé à établir les plans et dimensions d'une dynamo de 4000 kilowatts à 2000 volts ayant une vitesse angulaire de 500 t : m. Ne pouvant encore publier l'étude d'une telle machine, il donne toutefois, à titre d'exemple, celle d'une dynamo de 1000 kilowatts, soit 1000 ampères sous 1000 volts, ayant une vitesse angulaire de 1000 t : m.

Les figures ci-jointes et le Tableau qui suit donnent en unités métriques les dimensions de cette machine. Voici quelques autres indications sur ses diverses parties :

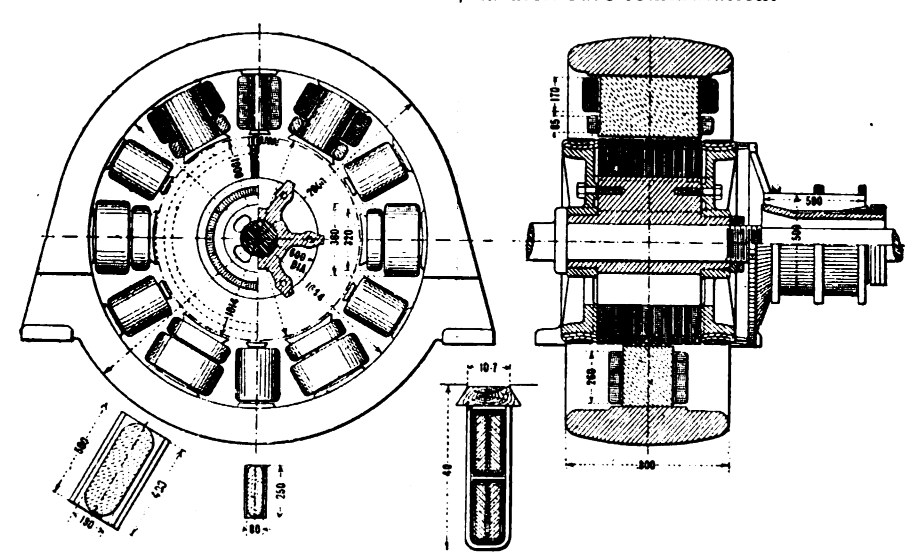
Armature. — Le noyau de l'induit est formé de tôles laminées de $0^{mm},5$ d'épaisseur, montées sur un croisillon en acier dont la ventilation est bien assurée. La vitesse linéaire à la périphérie est de 52,5 m : sec, ce qui n'est pas exagéré. Des cales en bois dur maintiennent les conducteurs dans les encoches. Des frettes en fils d'acier maintiennent les extrémités ; ces frettes sont isolées de l'armature par des bandes de mica.

Collecteur. — Il est monté sur un tambour en acier doux permettant l'accès de l'air à l'intérieur. Trois frettes en acier, isolées par du mica, empêchent les lames de se déplacer sous l'action de la force centrifuge. La vitesse périphérique est de 26 m : sec.

Balais et porte-balais. — Les balais sont en charbon. Les porte-balais ont une forme spéciale pour atténuer les vibrations dues à la grande vitesse périphérique.

Inducteurs. — La carcasse est en acier doux ; elle est munie de canaux de ventilation suivant l'axe des pôles. Les noyaux sont en acier fondu à section rectangulaire et à angles arrondis.

Pôles auxiliaires. — Ils sont en acier fondu et placés au milieu de l'intervalle séparant deux pôles principaux. Leur enroulement est formé de 23 spires d'un ruban de cuivre enroulé sur champ. Un rhéostat est disposé en dérivation sur cet enroulement et il est réglé suivant la charge de manière à obtenir la meilleure commutation.



DONNÉES PRINCIPALES DE LA DYNAMO HOBART.

Nombre de pôles	6
Puissance normale, en kw	1000
Vitesse angulaire, en t : m	1000
Fréquence, en p. s	50
Tension, en volts	1000
Intensité, en ampères	1000

DIMENSIONS GÉNÉRALES.

Induit :	
Diamètre extérieur des tôles, en cm	100
Diamètre au fond des encoches, en cm	92
Diamètre intérieur des tôles, en cm	60
Longueur du noyau, en cm	50
Nombre de canaux de ventilation	8
Largeur de chaque canal, en cm	1
Proportion de l'isolant dans les tôles, en centièmes	10
Longueur utile du noyau, en cm	36
Nombre des encoches	162
Profondeur des encoches, en cm	4
Largeur des encoches, en cm	1,04
Largeur moyenne des dents, en cm	0,8
Inducteurs :	
Longueur axiale d'une face polaire, en cm	50
Longueur moyenne de l'arc polaire, en cm	29
Longueur axiale d'un noyau, en cm	49
Largeur d'un noyau, en cm	18
Épaisseur d'une pièce polaire au centre de l'arc, en cm	2
Hauteur radiale d'un noyau, en cm	27
Profondeur de l'entrefer, en cm	0,7
Culasse :	
Diamètre extérieur, en cm	200
Diamètre intérieur, en cm	164
Épaisseur, en cm	17,5
Largeur axiale, en cm	80
Pôles auxiliaires :	
Longueur axiale de la face, en cm	25
Longueur de l'arc polaire, en cm	10
Profondeur de l'entrefer, en cm	0,8
Longueur axiale d'un noyau, en cm	25
Largeur d'un noyau, en cm	8
Section d'un noyau, en cm^2	184

CIRCUITS ÉLECTRIQUES.

Nombre de conducteurs	648
Nombre d'encoches	162
Nombre de conducteurs par encoches	4
Nombre de circuits induits	6

Intensité par circuit, en amp	167
Longueur moyenne d'une spire, en cm	230
Nombre de spires en série entre balais	54
Longueur totale de circuit entre balais	1240
Hauteur des conducteurs (barres), en cm	1,48
Largeur des conducteurs, en cm	0,28
Section des conducteurs, en cm²	0,392
Section totale des conducteurs en parallèle, en cm²	2,34
Résistance de l'induit entre balais, à 60°, en ohms	0,0106
Collecteur :	
Diamètre, en cm	50
Nombre de lames	324
Épaisseur d'une lame et de son isolant, en cm	0,485
Longueur totale, en cm	50
Nombre de lignes de balais	6
Nombre de balais par ligne	14
Longueur d'un balai, en cm	2
Longueur de l'arc de contact, en cm	2
Surface de contact par balai, en cm²	4
Densité de courant dans un balai, en amp : cm²	6
Vitesse périphérique du collecteur, en m : sec	26
Tension de réaction d'induit, en volts	20

CIRCUIT MAGNETIQUE.

Tension aux bornes à pleine charge, en volts	1000
Force électromotrice induite	1020
Flux dans l'induit en charge par pôle, en maxwells	$9,5 \times 10^6$
Facteur de dispersion	1,35
Flux produit par pôle à pleine charge, en maxwells	$12,4 \times 10^6$
Force magnétomotrice à vide, en ampères-tours	8224
Force magnétomotrice à vide fournie par l'enroulement shunt, en ampères-tours	8000
Force magnétomotrice à vide fournie par l'enroulement série, en ampères-tours	4800
Induction dans le noyau de l'induit, en gauss	8250
Induction dans les dents, en gauss	20700
Induction dans l'entrefer, en gauss	7200
Induction dans les noyaux, en gauss	15200
Induction dans la culasse, en gauss	4550

ENROULEMENTS INDUCTEURS.

Enroulement shunt :	
Longueur axiale, en cm	17
Largeur perpendiculaire à l'axe, en cm	8
Intensité du courant, en amp	2,25
Densité du courant, en amp : mm²	1,32
Puissance perdue dans chaque bobine, en watts	314
Poids de cuivre par bobine, en kg	81
Enroulement série :	
Dimensions du conducteur, en cm	$6 \times 0,47$
Nombre de conducteurs en parallèle	2
Section totale, en cm²	5,65
Nombre de tours par bobine	6,5
Intensité du courant, en amp	740
Densité du courant, en amp : mm²	1,3
Puissance perdue dans l'enroulement, par pôle, en watts	180
Poids de cuivre par bobine, en kg	47
Pôles auxiliaires :	
Longueur de l'enroulement, en cm	26
Largeur perpendiculaire à l'axe, en cm	6
Dimensions du conducteur, en cm	$6 \times 0,45$
Nombre de conducteurs en parallèle	2
Section totale, en cm²	5,4
Nombre de tours par bobine	23
Densité de courant, en amp : mm²	1,16
Puissance perdue par bobine, en watts	340
Poids de cuivre par bobine, en kg	91

PERTES DANS L'INDUIT.

Pertes dans le cuivre :	
Intensité, en amp	1000
Résistance entre balais, en ohms	0,0106
Puissance perdue dans les conducteurs induits, en watts	10600
Poids total du cuivre de l'induit, en kg	260
Pertes dans le fer :	
Poids total des tôles, en kg	1200
Induction dans le noyau, en gauss	8250
Fréquence, en p : sec	50
Puissance totale perdue dans le fer, en watts	14000
Puissance perdue par frottement, ventilation, etc., en watts	4000

ÉCHAUFFEMENT.

Pertes dans l'induit en watts : dm²	91
Pertes dans le collecteur, en watts : dm²	69
Pertes dans les bobines shunt, en watts : dm²	10,7
Pertes dans les bobines série, en watts : dm²	15
Pertes dans les bobines auxiliaires, en w : dm²	15

PERTES TOTALES.

Puissance perdue constante, en watts	22840
Puissance perdue variable, en watts	17810
Puissance totale perdue, en watts	40650
Rendement commercial, en centièmes	96

POIDS DES MATÉRIAUX ACTIFS.

Cuivre de l'induit, en kg	260
Cuivre du collecteur, en kg	470
Cuivre des bobines shunt, en kg	481
Cuivre des bobines série, en kg	282
Cuivre des bobines auxiliaires, en kg	550
Tôles induites, en kg	1200
Acier des noyaux inducteurs, en kg	2140
Acier des noyaux auxiliaires, en kg	260
Fonte de la carcasse, en kg	12000
Poids total des matériaux actifs, en kg	17650
Prix puissancique de la dynamo, en fr : kw	9,26

ALTERNATEURS.

L'autosynchronisation des alternateurs. D'après un Mémoire présenté à la 23e réunion annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Milwaukee, 28-31 mai 1906, par MORGAN BROOKS et M. K. AKERS (*Proceedings of A. I. E. E.*, t. XXXV, p. 439-444). — Le couplage en parallèle de deux machines synchrones est une opération qui exige une certaine adresse, la moindre faute de l'opérateur pouvant entraîner un désastre. Les auteurs ont cherché une méthode destinée à diminuer les risques courus.

Lorsqu'on règle la vitesse et l'excitation de deux alternateurs avant de les coupler, il n'est pas toujours possible d'égaliser les vitesses assez exactement pour avoir le temps de fermer l'interrupteur de couplage au moment convenable, c'est-à-dire

3...

lorsque les phases coïncident (¹). S'il y a un décalage de phase, la résultante vectorielle des tensions donne naissance à un courant de circulation entre les deux machines. L'impédance du circuit ainsi formé est, momentanément, inférieure à la somme des impédances synchrones des deux machines, parce que la tension résultante agissant dans le circuit ne peut avoir la relation de phase convenable avec l'induction magnétique dans les deux alternateurs. Le courant de circulation instantané est déterminé par la résistance et la réactance des enroulements induits considérés comme dépourvus de noyau de fer; ces noyaux, en effet, n'ont pas le temps de se magnétiser et de réagir contre la tension avant que de grands dégâts aient pu être causés, même avec un déphasage assez faible. Pour les grandes machines, dont la résistance et la réactance (abstraction faite du fer) sont relativement basses, un déphasage de 10° peut être dangereux.

Le procédé qu'on va exposer permet d'effectuer le couplage à un instant quelconque, sans s'occuper d'égaliser les vitesses ni les tensions. Il est évident qu'on peut toujours limiter le maximum du courant de circulation en intercalant une impédance suffisante entre les machines à coupler, mais on modifie en même temps par là la puissance synchronisante. Le problème consistait à réduire l'intensité du courant de circulation, tout en laissant à la puissance synchronisante une valeur suffisante.

Steinmetz a montré que la puissance synchronisante du courant qui circule entre deux machines couplées en parallèle, les tensions étant égales, dépend du calage en arrière du courant, décalage dû à l'inductance du circuit formé par les armatures des deux alternateurs. Pour assurer ce décalage, l'impédance à introduire dans le circuit des deux machines doit donc être fortement inductive. Les auteurs ont essayé l'emploi d'inductances telles que des bobines de transformateur et des régulateurs de lampes à arc, sans grand succès : si l'inductance était assez forte pour limiter le courant instantané au moment du couplage, le courant synchronisant était trop faible; si, au contraire, on diminuait assez l'inductance pour obtenir une puissance synchronisante suffisante, l'angle de déphasage admissible au moment du couplage n'était guère augmenté. Les résistances sans inductance ne réussirent pas mieux : elles amoindrissaient la puissance synchronisante, le courant de circulation n'ayant plus le décalage en arrière nécessaire.

Une inductance sans noyau de fer donna le résultat cherché. On obtint par ce moyen le décalage en arrière du courant de circulation, tandis que l'inductance de la bobine, agissant instantanément, s'opposait au passage d'une intensité dangereuse, même pour une différence de phase maxima entre les deux machines. Les essais, effectués à la fréquence de 60 périodes par seconde, ont montré qu'on pouvait fermer l'interrupteur de couplage alors que la machine à mettre en phase était à l'arrêt. On la mettait alors en marche avec une excitation approximative et, la vitesse de synchronisme étant atteinte, la machine se mettait d'elle-même en phase. On réglait alors l'excitation à sa valeur exacte et l'on mettait l'inductance hors circuit (¹).

L'emploi des inductances sans noyau pour la mise en parallèle des commutatrices présente une difficulté, lorsqu'on fait démarrer ces machines par du courant continu : c'est leur tendance à s'emballer comme moteurs à courant continu en raison de l'affaiblissement du champ inducteur. On obvie facilement à cet inconvénient par l'emploi d'une seconde inductance mise en série avec l'induit, à la suite du rhéostat de démarrage. Cette inductance, munie d'un noyau, s'oppose à l'accroissement d'intensité dans l'induit qu'entraînerait l'affaiblissement du champ. Une fois mise en phase, la commutatrice n'a plus de tendance à s'emballer. On a trouvé que, pour le couplage, il était avantageux d'amener la machine à une vitesse légèrement inférieure à celle du synchronisme; on peut alors effectuer le couplage à un instant quelconque et toujours avec succès, comme pour les alternateurs.

On ne va pas toutefois jusqu'à recommander de fermer l'interrupteur de mise en parallèle (pour les alternateurs ou les commutatrices) au hasard. Si l'on cherche, comme on l'a fait jusqu'à présent, le moment favorable, l'opération n'en sera que mieux faite. Mais l'agent chargé du couplage sera du moins délivré de toute inquiétude quant aux conséquences d'une maladresse.

Le prix d'achat de l'inductance sans noyau est très bas; on peut y admettre une grande densité de courant, l'échauffement produit étant très passager. Une bobine plate de grand diamètre appropriée à ce service ne revient qu'à 1 pour 100 du prix d'achat de l'alternateur auquel elle est destinée, et une seule suffit pour toute une usine génératrice.

(¹) Une faible différence de vitesse n'a pas d'importance, pourvu qu'on puisse opérer le couplage au moment précis de la coïncidence des phases. Aussi a-t-on imaginé des dispositifs automatiques pour fermer l'interrupteur à cet instant.

(¹) Notons ici que le courant de circulation qui s'échange entre deux machines déjà couplées en parallèle, quand une différence de phase vient à s'y établir, est bien inférieur au courant qui circulerait momentanément entre ces deux machines, si on les couplait en parallèle sous cette même différence de phase. L'impédance synchrone de deux grands alternateurs est en effet presque non inductive au premier instant où l'on ferme l'interrupteur de couplage : c'est ce qui fait la difficulté de l'opération.

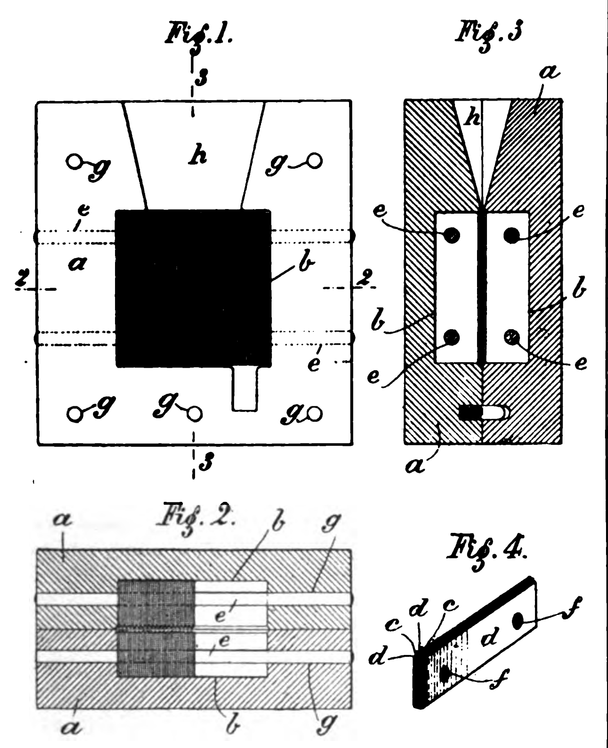


Les auteurs assurent que, par ce moyen, la mise en parallèle des alternateurs devient une opération plus facile que le couplage des dynamos à courant continu. P. L.

ACCUMULATEURS.

Matrice pour la fabrication des plaques d'accumulateurs du genre Planté. A.-J. BLANCHON (Brevet français 360473 du 24 février 1905). — La matrice brevetée ici permet d'obtenir des plaques à grande surface par compression du plomb porté à une température voisine de son point de fusion de façon à le ramollir.

La figure 1 est une vue de face de l'une des parties constituant la matrice. La figure 2 est une coupe horizontale de la matrice complète selon la ligne 2-2 de la figure 1. La figure 3 est une coupe verticale de la matrice complète selon la ligne 3-3 de la figure 1. La figure 4 est une vue perspective représentant l'assemblage des plaques d'acier du moule.



La matrice se compose de deux parties identiques superposables. Chaque partie comprend un bloc rectangulaire *a* de fonte ou d'acier au centre duquel est ménagée une cavité *b* dont le contour correspond exactement à la forme des plaques à produire. La cavité *b* est complètement remplie de lames d'acier rectangulaires *c* et *d* de hauteurs différentes et juxtaposées de façon qu'une plaque *d* de moindre hauteur soit placée entre deux plaques plus hautes *c*. Ces plaques sont fixées dans les cavités *b* à l'aide des tiges *e* qui pénètrent sans jeu dans les trous *f* des plaques et dans les trous *g* percés dans les deux parties de la matrice.

La hauteur des plaques *c* est moindre que la profondeur de la cavité *b* d'une quantité égale à la demi-épaisseur de l'âme des plaques à produire. La hauteur des plaques *d* diffère de celle des plaques *c* d'une quantité égale à la hauteur des nervures à faire venir sur l'âme de la plaque.

Pour fabriquer une plaque, on rapproche les deux parties *a* de la matrice entre lesquelles on a disposé un flan en plomb de dimensions appropriées et porté à une température voisine du point de fusion. Un effort de pression appliqué sur cette matrice fera pénétrer le plomb pâteux dans tous les interstices du moule. Un léger refroidissement suivi de l'écartement des deux parties *a* permettra de dégager la plaque terminée.

L'entonnoir *h* ménagé à la partie supérieure de la matrice reçoit le plomb en excès dans le cas où le flan employé serait trop volumineux pour la plaque à fabriquer.

La concordance parfaite des deux parties de la matrice est assurée par les goujons de repérage *i* portés par une des parties et pénétrant dans des trous correspondants de l'autre partie.

BREVETS RÉCENTS (1).

Piles : BASSET. USAP. 7375, 1906 (générateur thermochimique). — BUHOT. BF. 363787 et 363788, 2 mars 1906 (pile à renversement et pile à circulation de chlore). — COMPAGNIE THERMO-LEKCTRIQUE. BF. 361433, 3 mai 1905 (générateur thermo-électrique à sulfure de cuivre).— COVE. USAP. 824684, 15 fév. 1905 (pile thermo-électrique). — HASKELL. DRP. 172686, 28 oct. 1904 (thermo-élément). — HEYMANN. DRP. 174287, 28 mai 1905 (électrode pour pile). HIRLIMANN. USAP. 820047, 25 mai 1905 (batterie sèche). — LAMEUSER, KRIBS et BAUERLÉ. BP. 12315, 1905. — LECLANCHÉ. BF. 365080, 11 avril 1906 (piles à dépolarisant solide). — LELIVA (DE). BF. 365877, 7 avril 1906 (pile sèche perfectionnée). — LÉVY. BF. 363931, 1er mars 1906 (dépolarisation des électrodes). — MARÇAY (DE). BF. 363425, 24 janv. 1906 (élément galvanique). — NICOLAS et DE MALHERBE. BF. 364122, 26 fév. 1906. — WARREN. USAP. 819389, 2 mars 1905 (bornes pour piles sèches).

Accumulateurs : PALMER. USAP. 817132, 14 fév. 1905. — SCHAEFFER. DRP. 173345, 28 fév. 1904. — SCHANSCHIEFF. BP. 11654*a*, 1905. — SOCIÉTÉ dite : RHODE ISLAND ELECTROMOBILE. BF. 363660. 27 fév. 1906 (séparation pour piles secondaires). — STEBBINS. BP. 26876, 1905. — THIELLET et DENARD. BF. 365179, 12 avril 1906. — WILSON. USAP. 817827, 14 mars 1905 (charge d'accumulateurs par courant alternatif).

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

APPAREILLAGE.

Emploi du fil d'aluminium nu pour la confection des bobines, par HOPFELT. Communication faite à la Société électrotechnique de Dresde (*L'Industrie électrique*, t. XV, 25 août 1906, p. 381). — La couche d'oxyde qui se forme à l'air sur l'aluminium est, comme on sait, mauvaise conductrice de l'électricité (c'est la propriété utilisée dans les soupapes électrolytiques à plaques d'aluminium). L'expérience ayant montré que cette couche résiste sûrement à une tension de 0,5 volt, on peut donc faire des bobines avec du fil d'aluminium nu tant que la différence de potentiel entre spires ne dépasse pas cette valeur. Or c'est généralement le cas, car pour les bobines à courant continu, même celles de $1^m,50$ de diamètre, la différence de potentiel ne dépasse pas 0,06 volt : on a donc un coefficient de sécurité de près de 10. D'ailleurs on pourrait, s'il était nécessaire, augmenter considérablement la tension capable de percer la couche isolante, en formant cette couche isolante par immersion de la bobine complètement enroulée dans un bain chimique ou électrolytique: rien que par immersion dans l'eau pure on arrive à résister à 100 volts. Mais cette immersion n'est nullement nécessaire, l'humidité de l'air étant suffisante pour donner à la couche isolante une rigidité électrostatique aussi grande après quelque temps de service. Il suffira donc, dans la construction des bobines à courants alternatifs où l'on peut craindre la création de différences de potentiel importantes entre spires, de séparer ces spires par une substance hygroscopique, l'amiante par exemple; si la séparation est faite au moyen de papier, moins hygroscopique que l'amiante, on aura soin de mouiller chaque couche de papier avant son enroulement. Enfin si, pour plus de sécurité, on désire renforcer la couche isolante d'oxyde avant la mise en service de la bobine, on fera traverser celle-ci par un courant continu (de préférence au courant alternatif avec lequel la couche se forme moins bien) capable d'amener les conducteurs à une température de 100° à 120°.

Il est bien évident que si, pour des raisons commerciales ou de commodité de construction, on tient à entourer le fil d'une enveloppe, les qualités isolantes de cette enveloppe n'ont plus aucune importance et que cette enveloppe peut, en service, se trouver brûlée par un échauffement exagéré des conducteurs sans qu'il en résulte des courts-circuits entre spires, comme cela se produirait avec des conducteurs en cuivre.

On pourrait craindre que l'oxydation ne gagne peu à peu toute la section du fil; mais déjà l'emploi de l'aluminium pour les canalisations aériennes a montré que cette crainte était chimérique, et, d'autre part, des essais de résistance, faits sur des bobines d'aluminium en service depuis six mois, ont permis de constater que la résistance n'avait pas changé et, par conséquent, que la section du fil n'avait pas diminué pendant cette durée.

On pourrait aussi craindre que la couche protectrice ne s'écaille sous l'action d'un choc et ne donne lieu à un court-circuit; des expériences nombreuses ont démontré qu'il n'en est rien.

La conductibilité de l'aluminium n'étant que les 28 ou 33 centièmes de celle du cuivre, la section du fil d'aluminium doit être plus grande que celle du fil de cuivre d'une bobine ayant les mêmes constantes électriques. Toutefois il n'en résulte pas une augmentation de l'encombrement, car dans les bobines à fil fin l'accroissement de section est largement compensé par la suppression de l'isolant, et dans les bobines à gros fil, on peut employer un fil de section rectangulaire qui, à section égale, tient moins de place qu'un fil à section circulaire. Tout compte fait une bobine à fil d'aluminium donne un encombrement moindre qu'une bobine à fil de cuivre de mêmes constantes électriques.

Au point de vue de l'échauffement, les bobines en aluminium sont supérieures à celles en cuivre. Le coefficient de température de l'aluminium est d'environ 10 pour 100 plus faible que celui du cuivre, et une bobine en aluminium peut supporter un courant 20 pour 100 plus intense qu'une bobine de cuivre pour une même limite d'échauffement. D'autre part, le rayonnement calorifique n'étant plus, dans les bobines en aluminium, gêné par l'enveloppe isolante, le refroidissement est plus énergique, surtout si l'on passe au vernis noir la couche extérieure. En fait, une telle bobine prend, à égalité de charge, une élévation de température de 30 à 40 pour 100 moindre qu'une bobine de cuivre.

Par suite de la faible densité de l'aluminium, les bobines en fil de ce métal sont plus légères que celles en fil de cuivre; la diminution de poids varie de 50 à 60 pour 100, suivant le diamètre de ces bobines et celui du fil.

Quant aux prix de revient, ils sont également inférieurs; d'après un Tableau donné dans l'article, l'économie est de 25 pour 100 pour les bobines à fil d'environ $2^{mm},5$ de diamètre et atteint 50 pour 100 pour les bobines à fil très fin.

D'après ce même Tableau, la substitution de l'aluminium au cuivre, dans la confection des 10 bobines du circuit d'excitation d'une dynamo shunt de 400 kilowatts, conduit à une diminution de poids de 830^{kg} (de 1680^{kg} à 750^{kg}) et à une économie de $1562^{fr},50$ (de 5500^{fr} à $3937^{fr},50$).

Le seul inconvénient que présentent les bobines en aluminium est la difficulté que l'on avait jusqu'ici pour souder l'aluminium; mais M. Hopfelt a trouvé récemment un procédé commode (et d'ailleurs quelques-uns de nos lecteurs ont pu voir à la dernière Exposition de la Société de Physique que la soudure de l'aluminium est aujourd'hui facile).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

MICROPHONE.

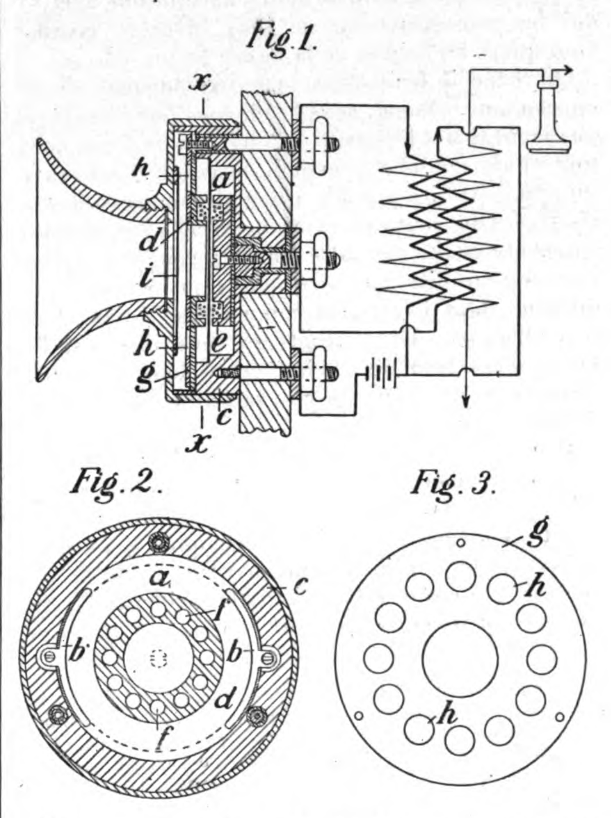
Microphone à double action de la Société des Téléphones de Zurich (d'après renseignements fournis par les constructeurs).

Comme l'on sait, le fonctionnement du microphone est basé sur le fait que les vibrations du diaphragme produisent des variations dans la pression qu'exerce ce diaphragme sur un contact mobile ; ces variations de pression produisent à leur tour des variations de la résistance électrique du contact et, par suite, des modifications dans l'intensité du courant qui traverse le microphone ; enfin ces variations d'intensité donnent lieu, dans le transformateur placé sur le circuit du microphone, à des courants d'induction qui se rendent dans le téléphone récepteur pour reproduire la parole.

Il résulte immédiatement de ce mode de fonctionnement que les courants transmis au téléphone récepteur seront d'autant plus intenses que les variations du courant dans le microphone seront plus grandes ; il y a donc intérêt à augmenter le nombre des contacts. En fait, presque tous les microphones actuellement en usage sont à plusieurs contacts. Mais généralement ces contacts sont placés d'un même côté du diaphragme, de sorte que l'on utilise seulement les variations de pression résultant du déplacement du diaphragme dans un seul sens, alors qu'il est bien évident que l'on doublerait les variations d'intensité du courant microphonique si l'on utilisait simultanément les variations de pression qui se produisent de chaque côté du diaphragme.

A la vérité on a tenté à diverses reprises de mettre cette remarque à profit, de construire des microphones à double action. Mais la construction de microphones de ce genre présente des difficultés très sérieuses, car il est indispensable, comme l'ont montré des essais, que les variations d'intensité du courant microphonique soient égales de chaque côté du diaphragme pour avoir une reproduction nette de la parole. Or, dans la plupart des microphones brevetés, les contacts étaient pressés contre le diaphragme au moyen de ressorts, ce qui ne permettait pas de réaliser avec assez de précision la condition précédente.

La Société des Téléphones de Zurich paraît cependant avoir surmonté heureusement ces difficultés dans le nouveau modèle de microphone qu'elle construit pour la téléphonie à grande distance et dont les figures ci-jointes représentent diverses coupes.



Dans ce microphone le diaphragme *a* est fixé à la boîte métallique *c* par des ressorts *b*, et cela de manière à pouvoir vibrer librement. Devant ce diaphragme, vers l'embouchure, est fixée, au bord extérieur de la boîte *c*, une plaque métallique *g* percée d'un trou au centre et pourvue d'évidements *h* destinés à l'empêcher de vibrer. Cette plaque porte un anneau de charbon *d* fixé à la face intérieure, en face du diaphragme ; dans cet anneau sont pratiquées des cavités *f* qui sont remplies de grains de charbon. Vis-à-vis de la face arrière du diaphragme est placé un disque de charbon *e*, dans lequel sont aussi ménagées des cavités remplies de grains de charbon. L'ouverture de l'embouchure est fermée par un disque *i*, en toile vernie ou en toute autre matière analogue, afin de mettre les contacts à l'abri de l'humidité qui se produit lorsqu'on parle dans l'appareil.

L'un des pôles de la pile, le pôle positif par exemple, est relié au diaphragme. Là, le courant se divise en deux parties, l'une passant par les contacts de l'anneau *d*, l'autre par les contacts de l'anneau *e*. Chacun de ces anneaux est relié à un circuit connecté à l'autre pôle de la pile. Ces deux circuits constituent les primaires d'un transformateur ; ils sont enroulés dans le même sens, mais sont connectés de telle sorte que les courants dérivés qui les traversent sont de sens inverses, comme l'indiquent les flèches de la figure 1.

On conçoit facilement le fonctionnement de ce microphone. Quand, sous l'influence des vibrations du diaphragme, les grains de charbon de l'anneau *d* sont soumis à une pression, ceux de l'anneau *e* sont au contraire soumis à une décompression ; la résistance des premiers diminue et celle des seconds augmente donc; par suite l'intensité augmente dans l'un des circuits primaires du transformateur et diminue dans l'autre, et comme ces circuits sont parcourus par des courants de sens inverses, les forces électromotrices d'induction dans le circuit secondaire, résultant de ces variations d'intensité, s'ajoutent l'une à l'autre.

Il est bien évident que la force électromotrice développée dans ces conditions est supérieure à celle qui serait développée par un microphone ayant les mêmes constantes électriques, mais dont le diaphragme n'agirait que par une seule de ses faces. Un calcul simple [1] montre d'ailleurs qu'elle est très sensiblement proportionnelle à la variation de résistance et par conséquent au déplacement du diaphragme et à l'intensité du son qui a produit ce déplacement. Il en résulte que les variations dans l'intensité des sons émis se trouvent reproduites sans changements notables par le téléphone récepteur. C'est là un nouvel avantage sur les microphones où le diaphragme n'agit que par une face, car, comme il est facile de s'en rendre compte [1], il ne peut y avoir dans ces microphones proportionnalité entre les variations du courant inducteur et les variations de résistance qui les ont produites.

Un autre avantage du microphone à double action sur le microphone à simple action est que dans le premier un même déplacement du diaphragme produit toujours le même effet, que ce déplacement ait lieu dans un sens ou dans l'autre, tandis que dans le second un même déplacement produira des variations d'intensité différente suivant le sens dans lequel il se produit [2].

---

[1] Supposons la force électromotrice de la pile égale à 3 volts, la résistance du circuit principal égale à 2,5 ohms et celle de chacun des circuits dérivés égale à 5 ohms.

Quand le microphone est au repos le courant débité par la pile est de 0,6 ampère, et chacun des enroulements primaires du transformateur est parcouru par un courant de 0,3 ampère.

Si le diaphragme vibre de manière à produire une diminution de résistance de 2 ohms dans un des circuits dérivés et une augmentation égale dans l'autre, les intensités des courants dans les enroulements primaires seront respectivement

$$i_1 = \frac{3(5+2)}{2,5(5-2)+2,5(5+2)+(5-2)(5+2)} = 0,4565 \text{ ampère},$$

$$i_2 = \frac{3(5-2)}{2,5(5-2)+2,5(5+2)+(5-2)(5+2)} = 0,1956 \text{ ampère}.$$

La variation d'intensité dans l'ensemble des deux circuits inducteurs sera donc

$$(0,4565 - 0,3) + (0,3 - 0,1956) = 0,2609 \text{ ampère}.$$

Si le diaphragme vibre moins fortement de manière à produire seulement une variation de résistance de 0,1 ohm dans chacun des circuits dérivés, on trouve

$$i'_1 = 0,306061 \text{ ampère}, \quad i'_2 = 0,294058 \text{ ampère},$$

et pour la variation résultant dans l'ensemble des deux circuits inducteurs

$$0,006061 + 0,5942 = 0,012003 \text{ ampère}.$$

Si la proportionnalité était parfaite entre la variation d'intensité et la variation de résistance, ce dernier nombre conduirait à une variation d'intensité de

$$0,012003 \times 20 = 0,24006 \text{ ampère}$$

pour une variation de résistance de 2 ohms. Or on a trouvé 0,2609 ampère. La proportionnalité n'est donc pas rigoureuse, mais déjà satisfaisante, puisque le rapport des deux derniers nombres est 1,087.

[1] Dans un microphone ordinaire actionné par une pile de 3 volts d'une résistance de 2,5 ohms (y compris les fils de connexion) et dont les contacts ont une résistance normale de 5 ohms, le courant qui circule au repos est de 3 : 7,5 = 0,4 ampère.

Une augmentation de 2 ohms dans la résistance des contacts réduit l'intensité du courant à 3 : 9,5 = 0,3158 ampère, soit une variation de 0,0842 ampère.

Une augmentation de 0,1 ohm réduit l'intensité à

$$3 : 7,6 = 0,3947 \text{ ampère},$$

soit une variation de 0,0053 ampère.

S'il y avait proportionnalité entre la variation d'intensité et la variation de résistance, on devrait, d'après ce dernier nombre, avoir une variation d'intensité de

$$0,0053 \times 20 = 0,106 \text{ ampère}$$

pour une variation de résistance de 2 ohms; or on a trouvé 0,0842 ampère, nombre qui se trouve avec le précédent dans le rapport de 1000 à 1259.

Le défaut de proportionnalité est donc beaucoup plus accentué que dans le microphone à double action. Il est encore plus considérable si, au lieu de considérer des augmentations de résistance, on considère des diminutions, car le rapport précédent devient alors 1000 : 1346.

[2] Dans la note précédente on a trouvé qu'à une augmentation de 2 ohms de la résistance des contacts correspond une diminution de 0,0842 ampère de l'intensité du courant inducteur. Pour une diminution égale de la résistance, l'intensité du courant deviendrait 3 : 5,5 = 0,5454 ampère, en

Ces trois avantages, augmentation de la force électromotrice induite, proportionnalité de cette force électromotrice à l'intensité du son émis, égalité de la variation du courant inducteur pour un même déplacement quel que soit son sens, conduiront sans doute à la substitution du microphone à double action au microphone ordinaire sur les longues lignes téléphoniques où la conversation est souvent très difficile avec les appareils ordinaires. Les essais faits dans ce sens ont montré d'ailleurs que l'on obtenait ainsi un gain très appréciable dans la netteté des paroles transmises.

augmentation de 0,1454 ampère sur l'intensité du courant traversant l'appareil au repos. La variation d'intensité résultant d'une diminution de résistance, c'est-à-dire d'une compression des contacts, est donc près du double de celle provenant d'une augmentation de même valeur, c'est-à-dire d'une décompression égale des contacts.

Remarquons que dans la note (¹) on a trouvé que dans le microphone à double action un même déplacement du diaphragme produit une variation de 0,2609 ampère dans l'ensemble des circuits primaires du transformateur. Cette variation est trois fois plus grande que celle qu'on aurait par décompression des contacts dans le microphone ordinaire et double de celle qui résulte d'une compression égale de ces contacts. Le microphone à double action est donc bien plus sensible que le microphone à simple action, comme il a été dit plus haut dans le texte, et comme il était évident sans qu'il soit besoin de faire des calculs.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : BERRY. BF. 363239, 13 février 1906 (commande et réglage des organes utilisés dans les circuits télégraphiques quadruplex). — BRINDLEY, BÂLE ET MURPHY. BP. 5829, 1905. — COFFE. USAP. 812183, 11 janvier 1904 (clef télégraphique). — CARPENTIER. BP. 361261, 30 déc. 1905 (transmetteur automatique des dépêches Baudot composées en perforation sur bandes). — CRAFT. USAP. 814277, 7 déc. 1904 (clef télégraphique). — FORDYCE. BF. 360682, 19 déc. 1905 (appareil de télégraphie pneumatique). — HIGGINS. BP. 28268, 1904 (transmetteur). — JOHANSSON. USAP. 813710, 21 juillet 1904 (relais télégraphique). — KOTYRA. DRP. 171996, 29 mars 1905 (télégraphe). — NEVENS. USAP. 813512, 14 juin 1905 (clef télégraphique). — PHILIPPS. BP. 7841, 1905 (clef télégraphique). — PIMENTEL. BF. 361065, 6 déc. 1905 (clef télégraphique). — SCHWAZE. USAP. 812773, 31 mai 1904 (appareil télégraphique). — SIEMENS BROS et Cᵉ. BP. 6557, 1905. — THERRELL. USAP. 815322, 2 août 1905. — WALLITSCHEK. DRP. 169823, 7 juillet 1904 (commutateur pour batterie desservant les lignes télégraphiques). — WEBSTER. USAP. 816052, 3 déc. 1903. — WRIGHT. USAP. 814761, 13 oct. 1903 (dispositif de sûreté pour télégraphe). — *Télégraphie sans fil:* ARTON. USAP. 816205 (récepteur). — BLACKBURN. BF. 363276, 14 fév. 1905 (ancre pour haubans). — BRAUNERHJEIM. BF. 362939, 1ᵉʳ fév. 1906 (radiateur). — FESSENDEN. DRP. 169950 et 171535, 13 août 1902 et 10 juin 1905. — GABET. BP. 17645, 1904. — KING. USAP. 813975, 8 janv. 1903. — LEIDL. BF. 362824, 29 janvier 1906 (système de mât pour la télégraphie sans fil). — LORI ET SOLARI. BF. 361055, 28 nov. 1905 (système de radiotélégraphie syntonique). — MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH COMPANY. BF. 363331, 16 fév. 1906 (système). — POULSEN. BP. 20068, 1905 (récepteur); 20068, 1904. — ROCHEFORT. BF. 361053, 28 nov. 1905 (récepteur électrolytique au son pour la télégraphie sans fil). — SMITH. BP. 13346, 1905 (appareil à étincelles). — ZELENSKY. BF. 362433, 16 janvier 1906 (mât pour la télégraphie sans fil et autres).

Téléphonie : AKTIEBOLAGET NAUTISKA INSTRUMENT. BF. 363114, 9 fév. 1906. — BAGEL. USAP. 812287, 19 déc. 1904 (connecteur de fils temporaire). — BERTSCHY. USAP. 812718 (répétiteur téléphonique). — BERTY (MAC). USAP. 813230, 10 juin 1905 (contrôleur de durée de conversation pour bureaux téléphoniques). — BETULANDER. DRP. 170734 et 170185, 26 mai 1904 et 21 sept. 1902 (commutateur). — BINES. DRP. 171995, 1ᵉʳ mars 1905 (microphone). — BORDON. BP. 615, 1906 (support de téléphone). — CARLISS. USAP. 815405, 20 juin 1901 (clef téléphonique). — CARROLL. USAP. 814830, 24 mars 1903 (système). — DAVIS. USAP. 816078, 5 août 1901 (système). — DEAN. USAP. 814118, 15 juin 1903. — DEUTSCHE TELEPHONWERKE STOCK et Cⁱᵉ. BF. 362902, 5 janvier 1906 (bande de jack pour bureaux téléphoniques). — EGAN. BP. 20496. 1904. — EHRLICH. USAP. 814680, 3 mai 1905 (connexion pour téléphone). — GHEGAN. USAP. 815809, 28 janvier 1905 (clef téléphonique). — GILGEN. USAP. 812491, 25 nov. 1904 (clef téléphonique). — HALL. BF. 363052, 7 février 1906 (système perfectionné). — HILDEBRAND. DRP. 170671, 1ᵉʳ déc. 1903 (commutateur). — KEITH, ERICKSON (JOHN) et ERICKSON (CHARLES). USAP. 815176 et 815321, 21 avril et 2 mai 1905 (commutateur). — KUGELMANN. USAP. 814219, 15 sept. 1903 (téléphone automatique). — LAMBERT. USAP. 813560, 16 avril 1902 (système). — MAREAN. USAP. 814386, 6 juin 1904 (bureau téléphonique). — MAUS. DRP. 169903, 29 août 1905 (appel). — MIX et GENEST TELEPHON- UND TELEGRAPHENWERKE. DRP. 171119 et 171953, 14 mars 1905 (commutateur). — OHNESORGE. BF. 362264, 9 janvier 1906 (installation pour bureaux téléphoniques). — OPPENHEIMER. BP. 14457, 1905 (annonciateur électromagnétique). — PETERSON. BP. 20593, 1904 (annonciateur). — RITTER. USAP. 814478, 16 juin 1904 (système). — ROBERTS. USAP. 815380, 26 juin 1900. — SALZMANN. USAP. 815042, 16 nov. 1905 (bureau téléphonique). — SALZMANN. USAP. 812236, 16 nov. 1905 (distributeur téléphonique). — SAWREY. BF. 362799, 29 janv. 1906 (transmetteur). — SCHWARZENBERG (VON). DRP. 171997, 29 août 1905 (magnéto pour appel). — SHERER. USAP. 813330, 17 oct. 1904. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 167271 et 171951, 25 juin 1904 (commutateur). — SILVERMANN. USAP. 815753, 23 nov. 1905 (attache pour téléphone). — SMITH. USAP. 816132, 28 nov. 1898 (système). — SIMPSON. USAP. 816131, 27 oct. 1904 (système). — STOCK et Cᵉ. DRP. 169124 et 169196, 10 nov. 1904 (commutateur); BF. 359505, 16 nov. 1905 (disposition pour bureaux téléphoniques avec division du service des fiches et signalement des employés de poste des mises en communication). — STROUD. USAP. 816135, 25 mars 1901 (système). — TELEPHON APPARAT FABRICK, ZWIETUSCH et Cᵉ. DRP. 170112, 7 oct. 1904; 171950, 7 novembre 1903; 169793, 6 nov. 1903 (commutateur). — TERPENING. USAP. 811972, 3 sept. 1903 (système téléphonique). 814571, 6 sept 1904. — THOMSON. BP. 21382, 1904 (appareil téléphonique). — THOMSON. USAP. 809232, 6 oct. 1905 (système téléphonique semi-automatique). — TREYER. BP. 18193, 1905 (microphones). — TROWBRIDGE. USAP. 811411, 14 juillet 1903 (relais téléphonique). — WATKINS. DRP. 171952, 31 janvier 1905. — — WOOLLEY. USAP. 808135, 17 juillet 1905 (annonciateur) — WOTTON. USAP. 813931, 16 mai 1904 (annonciateur). — YAXLEY. USAP. 815889, 26 septembre 1905 (transmetteur). — *Téléphonie sans fil :* COLLINS. USAP. 814942, 21 août 1905. — RENDAHL. USAP. 813914, 19 août 1905.

MESURES ET ESSAIS.

MESURE DES COURANTS TRÈS INTENSES.

La mesure des courants de très grande intensité, tels que ceux qu'on utilise aujourd'hui dans les industries électrochimiques, est toujours très délicate. Généralement on tourne la difficulté en employant un shunt qui ne laisse passer dans un appareil de mesure ordinaire qu'une fraction connue du courant à mesurer. Mais lorsqu'il s'agit de courant de quelques milliers d'ampères, la résistance de ce shunt doit être faible et dès lors la résistance des contacts prend une grande importance et peut donner lieu à des erreurs considérables, d'où source de contestations entre vendeur et acheteur des génératrices si l'usine électrochimique produit elle-même son courant, ou entre vendeur et acheteur d'énergie électrique si l'usine achète cette énergie à des tiers.

Le seul moyen d'éviter complètement ces erreurs est de faire usage d'instruments de mesure, wattmètre ou ampèremètre, dans lesquels passe la totalité du courant à mesurer. En outre, pour éliminer les erreurs d'étalonnage, étalonnage qui serait d'ailleurs souvent très difficile à réaliser, il convient que l'instrument ait une forme géométrique simple qui permette de calculer le couple électromagnétique agissant sur la partie mobile; en d'autres termes il convient de prendre un instrument de mesure absolu.

Dans un Mémoire publié dans la *Houille blanche*, M. C. Limb, ingénieur à Lyon, a étudié dans tous ses détails l'établissement d'un wattmètre réalisant ces conditions et pouvant supporter un courant d'intensité atteignant 100000 ampères.

La forme qu'il adopte pour cet instrument est celle du type classique de la boussole des tangentes, à cela près que l'aiguille aimantée de celle-ci est remplacée par une petite bobine placée en dérivation sur le circuit principal. Il faut, en effet, pour pouvoir calculer aisément le couple agissant sur cette bobine, que le champ magnétique produit par le courant à mesurer et dans lequel elle se déplace soit uniforme ou pratiquement tel. Or il n'y a guère que deux formes du circuit magnétisant permettant de réaliser cette condition : la forme en bobine très allongée, enroulée régulièrement, ou celle en bobine plate d'un très grand diamètre. Lorsqu'il s'agit d'intensités de l'ordre de 10000 ampères, la grosseur du conducteur capable de canaliser de semblables courants est telle que l'on ne peut songer à employer la première forme, et l'on est bien obligé de se résigner à adopter la seconde. Encore convient-il que la bobine plate n'ait qu'une seule spire : c'est un cerceau de section rectangulaire, section la plus facile à exécuter correctement. Ce cerceau est fendu par un trait de scie suivant un rayon, et le courant lui est amené par un conducteur double, concentrique ou « sandwiché », de façon que ce conducteur n'ait pas d'action sur la petite bobine placée au centre du cerceau.

Mais si simple que soit la forme de l'instrument, l'énormité de l'intensité des courants qu'il doit mesurer ne permet pas de lui appliquer sans corrections la formule élémentaire que l'on utilise pour la boussole des tangentes. On trouvera ces corrections dans le Mémoire original reproduit ci-dessous.

Étude d'un wattmètre absolu pouvant supporter un courant maximum de 10 000 ampères, par C. LIMB. — Si $2a$ et $2b$ (*fig.* 1) sont négligeables

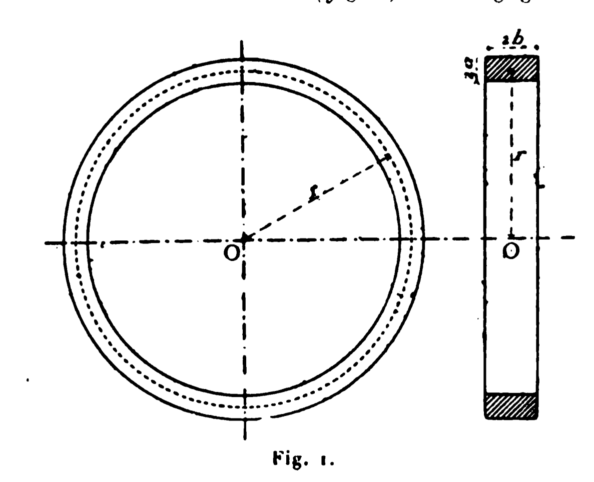


Fig. 1.

devant le rayon moyen r, le champ au centre O a pour valeur :

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi I}{r}.$$

La petite bobine placée en O est traversée par un courant $i = \frac{U}{R}$. Si n est le nombre des spires, enroulées de préférence régulièrement, *sur une seule couche*, avec un diamètre moyen d, le moment magnétique de cette petite bobine est, si $s = \frac{\pi d^2}{4}$:

$$\mathfrak{M} = nsi = ns\frac{U}{R}$$

et le moment du couple électromagnétique C produit

par le cerceau, lorsque les axes seront perpendiculaires, sera

$$C = \mathfrak{M}\mathcal{H} = \frac{2\pi ns}{r}\frac{UI}{R}.$$

Mesure du couple C. — Le couple peut être commodément mesuré au moyen de la suspension bifilaire, qui supporte la petite bobine et lui amène le courant. Si e représente l'écartement des deux fils (supposés parallèles) et f leur longueur, on a, pour un petit déplacement angulaire α, P étant le poids de la petite bobine,

$$C = \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha = K\sin\alpha,$$

si l'on détermine K directement (au moyen des oscillations par exemple).

On aura donc

$$K\sin\alpha = \frac{2\pi ns}{r}\frac{UI}{R}.$$

D'où

$$UI = W = R\frac{Kr\sin\alpha}{2\pi ns} = A\sin\alpha,$$

A étant la constante de l'instrument.

Pour mesurer α, on suspendra la bobine par ses fils, à un cercle de torsion. Le zéro sera défini au moyen d'un index ou par la méthode de l'échelle transparente. On agira sur le cercle de torsion pour maintenir la bobine dans sa position initiale; l'angle α sera lu directement sur le cercle.

Corrections. — Pour établir la formule élémentaire, nous avons supposé : 1° que les dimensions du cerceau $2a$ et $2b$ étaient négligeables par rapport à r; 2° que les dimensions de la petite bobine étaient assez faibles par rapport à r pour supposer le champ magnétique constant et égal à $\mathcal{H}$ dans toute la région occupée par la petite bobine.

On pourrait bien s'arranger théoriquement pour prendre r assez grand; mais dans la pratique on est limité par deux considérations :

1° L'intensité du couple développé qui décroît avec r, ce qui diminue la sensibilité;

2° L'encombrement et le prix de l'appareil qui augmentent rapidement.

Il y a donc lieu de chercher l'influence de ces dimensions, relativement faibles par rapport à r, mais non pas absolument négligeables.

Suivant le procédé habituellement suivi pour ces sortes de calculs, on assimile ces quantités à des infiniment petits, ce qui simplifie ces calculs, qui n'exigent d'ailleurs qu'une faible approximation. On calcule séparément l'influence de chacune des dimensions, ce qui revient à négliger les infiniment petits d'ordre supérieur au premier conservé. On fait ensuite la somme algébrique de chacune des corrections.

Ainsi, pour le cerceau, nous aurons

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi I}{r}(1+\alpha+\beta),$$

α étant la correction due à $2a$,
β » due à $2b$.

Pour la petite bobine, nous aurons

$$\mathfrak{M} = ns\frac{U}{R}(1+\gamma+\delta),$$

γ étant la correction relative à son diamètre $2z$,
δ » à sa longueur $2l$.

Et l'on pourra toujours en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur, écrire, si l'on veut,

$$\mathfrak{M}\mathcal{H} = \frac{2\pi ns}{r}\frac{UI}{R}(1+\alpha+\beta+\gamma+\delta).$$

Corrections relatives au cerceau. — *Calcul* de α. — Cette correction est due à l'épaisseur radiale $2a$ du cerceau. Si le cerceau était formé d'une série de bandes très minces en tension, une spirale, le même courant I circulant dans toutes les spires, il n'y aurait lieu de rechercher que l'effet de r qui varie un peu entre $r-a$ et $r+a$, dans la valeur de $\mathcal{H} = \frac{2nI}{r}$.

Mais, le cerceau étant massif, le courant s'y répartit avec une densité qui décroît depuis l'intérieur jusqu'à l'extérieur, précisément dans le rapport des conductibilités de chaque couche élémentaire infiniment mince.

Nous allons calculer d'abord la conductance totale C du cerceau. Celle d'une couche élémentaire a pour valeur au rayon $r\pm\varepsilon$, ρ étant la résistivité,

$$C_\varepsilon = \frac{1}{\rho}\frac{s}{2\pi(r+\varepsilon)}, \qquad C_{-\varepsilon} = \frac{1}{\rho}\frac{s}{2\pi(r-\varepsilon)}$$

et la somme

$$C_{\pm\varepsilon} = \frac{1}{\rho}\frac{2s}{2\pi r}\left(1-\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right)^{-1} = \frac{1}{\rho}\frac{2s}{2\pi r}\left(1+\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right)$$

en négligeant le terme en $\frac{\varepsilon^4}{r^4}$.

Pour avoir C, on remplacera s par $2b\,d\varepsilon$ et l'on intégrera de o à a

$$C = \frac{1}{\rho}\frac{2b}{\pi r}\int_0^a\left(1+\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right)d\varepsilon = \frac{1}{\rho}\frac{2ab}{\pi r}\left(1+\frac{a^2}{3r^2}\right).$$

Or,

$$S = 4ab,$$

d'où

$$C = \frac{1}{\rho}\frac{S}{2\pi r}\left(1+\frac{a^2}{3r^2}\right).$$

C'est-à-dire que l'on aura la conductance en calculant la longueur moyenne $2\pi r$, sauf à ajouter comme facteur la parenthèse corrective.

Si l'on désire la résistance, on aura, au degré d'approximation conservé,

$$R = \rho\frac{2\pi r}{S}\frac{1}{\left(1+\frac{a^2}{3r^2}\right)} = \rho\frac{2\pi r}{S}\left(1-\frac{a^2}{3r^2}\right),$$

l'inverse de $1+\frac{a^2}{3r^2}$ étant, au 4e ordre près, $1-\frac{a^2}{3r^2}$.

Ce lemme préparatoire étant établi, nous pouvons

calculer notre correction α. Le champ pour une bande distante radialement de ε de la bande moyenne sera, i désignant le courant qui la parcourt,

$$h_\varepsilon = \frac{2\pi i}{r+\varepsilon}.$$

Or

$$i = \mathrm{I}\,\frac{\mathrm{C}_\varepsilon}{\mathrm{C}} = \mathrm{I}\,\frac{\dfrac{d\varepsilon}{2\pi(r+\varepsilon)}}{\dfrac{2a}{2\pi r}\left(1+\dfrac{a^2}{3r^2}\right)},$$

$$i = \frac{\mathrm{I}\,d\varepsilon}{r+\varepsilon}\,\frac{r}{2a}\left(1-\frac{a^2}{3r^2}\right),$$

$$h_\varepsilon = \frac{2\pi}{(r+\varepsilon)^2}\,\frac{\mathrm{I}\,r\,d\varepsilon}{2a}\left(1-\frac{a^2}{3r^2}\right),$$

$$h_\varepsilon = \frac{2\pi\mathrm{I}}{r}\,\frac{1-\dfrac{a^2}{3r^2}}{2a}\left(1+\frac{\varepsilon}{r}\right)^{-2} d\varepsilon.$$

En posant, pour simplifier l'écriture,

$$\mathrm{K} = \frac{2\pi\mathrm{I}}{r}\,\frac{1-\dfrac{a^2}{3r^2}}{2a}$$

et développant, on a, en négligeant le terme en $\frac{\varepsilon^4}{r^4}$,

$$h_\varepsilon = \mathrm{K}\left(1 - 2\frac{\varepsilon}{r} + 3\frac{\varepsilon^2}{r^2} - 4\frac{\varepsilon^3}{r^3}\right) d\varepsilon.$$

Pour une bande placée à la distance radiale $-\varepsilon$, on aurait de même

$$h_{-\varepsilon} = \mathrm{K}\left(1 + 2\frac{\varepsilon}{r} + 3\frac{\varepsilon^2}{r^2} + 4\frac{\varepsilon^3}{r^3}\right) d\varepsilon$$

et en additionnant

$$h_{\pm\varepsilon} = 2\mathrm{K}\left(1 + 3\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right) d\varepsilon.$$

On aura le champ total $\mathcal{H}$, en intégrant

$$\mathcal{H} = 2\mathrm{K}\int_0^a \left(1+3\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right) d\varepsilon = 2\mathrm{K}a\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right),$$

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi\mathrm{I}}{r}\left(1-\frac{a^2}{3r^2}\right)\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right),$$

ou, au même degré d'approximation,

$$\mathcal{H} = 2\pi\frac{\mathrm{I}}{r}\left(1+\frac{2}{3}\frac{a^2}{r^2}\right).$$

La correction due à l'épaisseur $2a$ est donc

$$\alpha = \frac{2}{3}\frac{a^2}{r^2}.$$

Si $\frac{a}{r} = \frac{1}{10}$, $\alpha = 0{,}067$; les termes négligés n'atteignant pas $\frac{1}{10000}$.

Calcul de β. — Nous supposerons le cerceau réduit à une feuille mince de largeur $2b$ et de rayon r.

Pour un cercle quelconque placé en A (*fig.* 2) à la distance ε du cercle moyen passant par O, le champ pour le courant I serait

$$h_{\varepsilon 1} = \frac{2\pi r^2}{(r^2+\varepsilon^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{2\pi}{r}\left(1+\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right)^{-\frac{3}{2}},$$

$$h_{\varepsilon 1} = \frac{2\pi}{r}\left(1 - \frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2} + \frac{15}{8}\frac{\varepsilon^4}{r^4} - \ldots\right),$$

ou simplement

$$h_{\varepsilon 1} = \frac{2\pi}{r}\left(1-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right).$$

Fig. 2.

Quel que soit le signe de ε, la correction ne change pas. On aura

$$h_\varepsilon = \frac{2\pi i}{r}\left(1-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right) = \frac{2\pi\mathrm{I}\,d\varepsilon}{r\,2b}\left(1-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right),$$

$$\mathcal{H} = \int_{-b}^{b}\frac{2\pi\mathrm{I}\,d\varepsilon}{r\,2b}\left(1-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right) = \frac{2\pi\mathrm{I}}{rb}\int_0^b\left(1-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}\right)d\varepsilon,$$

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi\mathrm{I}}{r}\left(1-\frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2}\right).$$

La correction due à la largeur $2b$ du cerceau est donc

$$\beta = -\frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2}.$$

Remarque. — Le champ en O pourra donc s'écrire

$$\mathcal{H}_0 = \frac{2\pi\mathrm{I}}{r}\left(1+\frac{2a^2}{3r^2}-\frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2}\right),$$

ceci en négligeant soit les termes en $\frac{a^4}{r^4}$ et $\frac{b^4}{r^4}$, soit les termes en $\frac{a^2b^2}{r^4}$, du même ordre.

On pourra choisir le rapport $\frac{a}{b}$ de façon que le terme correctif soit nul.

C'est-à-dire

$$\frac{2}{3}a^2 = \frac{1}{2}b^2,$$

d'où

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{2}\sqrt{3} = 0{,}866, \qquad a = 0{,}866\,b.$$

Il n'y aura pas lieu de faire de correction pour le cerceau, en adoptant ce rapport.

CORRECTIONS RELATIVES A LA BOBINE. — *Lemme I.* —

Proposons-nous d'abord de calculer le champ produit par le cerceau (réduit à un fil) en un point P (*fig.* 3) situé dans son plan, à une distance l du centre O, petite par rapport au rayon r du cerceau.

L'action d'un élément de courant ds sur le pôle magnétique unité placé en P sera, pour le courant unité,

$$\frac{ds \sin\alpha}{e^2} = \frac{1}{e}\,\frac{ds\sin\alpha}{e},$$

α désignant l'angle formé par l'élément de courant avec le rayon vecteur PM.

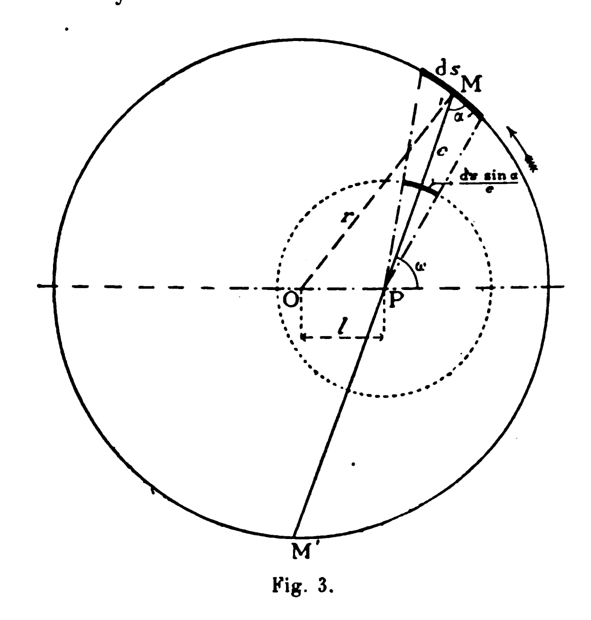


Fig. 3.

$ds \sin\alpha$ est donc la composante de ds normale au rayon vecteur e, et $\frac{ds\sin\alpha}{e}$ est cette composante réduite au cercle de rayon 1 décrit du point P comme centre, ou l'angle sous lequel on voit du point P l'élément ds.

On aura donc pour le champ élémentaire

$$h_1 = \frac{d\omega}{e} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{H}_1 = \int_0^{2\pi} \frac{d\omega}{e}.$$

Dans le triangle MOP, on a

$$r^2 = l^2 + e^2 + 2el\cos\omega,$$

que l'on peut écrire, en divisant par e^2,

$$\frac{r^2 - l^2}{e^2} - \frac{2l\cos\omega}{e} - 1 = 0,$$

équation du second degré en $\frac{1}{e}$.

On en tire

$$\frac{1}{e} = \frac{l\cos\omega \pm \sqrt{l^2\cos^2\omega + r^2 - l^2}}{r^2 - l^2}.$$

Le signe + est, dans notre cas, le seul admissible, car, l étant petit par rapport à r, la valeur du radical est très voisine de r; la solution — donnerait donc pour $\frac{1}{e}$ des valeurs négatives, ce qui n'est pas possible.

On pourra écrire

$$\frac{1}{e} = \frac{l\cos\omega}{r^2}\left(1 - \frac{l^2}{r^2}\right)^{-1} + \frac{\left(1 - \frac{l^2}{r^2}\sin^2\omega\right)^{\frac{1}{2}}}{r}\left(1 - \frac{l^2}{r^2}\right)^{-1}.$$

Ou, en négligeant les termes en $\frac{l^4}{r^4}$,

$$\frac{1}{e} = \frac{l\cos\omega}{r^2}\left(1 + \frac{l^2}{r^2}\right) + \frac{1 - \frac{1}{2}\frac{l^2}{r^2}\sin^2\omega}{r}\left(1 + \frac{l^2}{r^2}\right),$$

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{r}\left[1 + \frac{l}{r}\cos\omega + \left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\omega\right)\frac{l^2}{r^2} + \frac{l^3}{r^3}\cos\omega\right].$$

Pour l'élément opposé correspondant au point M', l'angle ω sera égal au premier augmenté de π; le sinus sera égal, mais de signe contraire, ainsi que le cosinus.

Nous aurons donc pour $\frac{1}{e'}$

$$\frac{1}{e'} = \frac{1}{r}\left[1 - \frac{l}{r}\cos\omega + \left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\omega\right)\frac{l^2}{r^2} - \frac{l^3}{r^3}\cos\omega\right].$$

En faisant la somme, on aura

$$\frac{1}{e} + \frac{1}{e'} = \frac{2}{r}\left[1 + \left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\omega\right)\frac{l^2}{r^2}\right],$$

ce qui chasse les termes de degré impair, comme il fallait s'y attendre.

On pourra donc effectuer plus simplement l'intégrale $\int_0^{2\pi}\frac{d\omega}{e}$, en opérant simultanément sur les deux éléments différentiels, et intégrant de 0 à π.

$$\mathcal{H}_1 = \int_0^{2\pi}\frac{d\omega}{e} = \frac{2}{r}\int_0^{\pi}\left[1 + \left(1 + \frac{1}{2}\sin^2\omega\right)\frac{l^2}{r^2}\right]d\omega$$

$$= \frac{2}{r}\left[\left(1 + \frac{l^2}{r^2}\right)\omega - \frac{1}{2}\frac{l^2}{r^2}\left(\frac{\omega}{2} - \frac{\sin 2\omega}{4}\right)\right]_0^{\pi},$$

$$\mathcal{H}_1 = \frac{2\pi}{r}\left(1 + \frac{3}{4}\frac{l^2}{r^2}\right),$$

et, pour le courant I, le champ sera

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi I}{r}\left(1 + \frac{3}{4}\frac{l^2}{r^2}\right) = \mathcal{H}_0\left(1 + \frac{3}{4}\frac{l^2}{r^2}\right).$$

On aura donc le champ en un point excentré l, situé dans le plan, en faisant subir à la valeur du champ au centre O la correction

$$\left(1 + \frac{3}{4}\frac{l^2}{r^2}\right).$$

Il est évident, par raison de symétrie, que ce champ est constant sur tout le petit cercle décrit du centre O avec un rayon l.

On peut remarquer que la correction est additive, c'est-à-dire que le champ passe par un minimum au centre O.

Lemme II. — Pour mémoire, nous rappellerons le calcul du champ produit en un point de l'axe, à une distance x, toujours petite par rapport à r.

On sait calculer d'ailleurs, en toute rigueur, la valeur du champ en un point quelconque de l'axe, à quelque distance qu'il soit,

$$\mathcal{H}_x = \frac{2\pi I}{r}\left(1+\frac{x^2}{r^2}\right)^{-\frac{3}{2}}.$$

Si x est petit par rapport à r, on peut développer la parenthèse, et l'on a

$$\mathcal{H}_x = \frac{2\pi I}{r}\left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}\right) = \mathcal{H}_0\left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}\right).$$

(Nous avons déjà fait usage de cette formule pour le calcul de la correction β due à la largeur du cerceau $2b$.)

On voit que $\mathcal{H}$ passe au contraire par un maximum au centre O, quand on se déplace suivant l'axe magnétique.

Lemme III. — Lorsque nous voudrons calculer le champ pour un point quelconque situé en dehors du plan et de l'axe, en vertu du calcul des infiniment petits, on n'aura qu'à faire subir les deux corrections, et, si le point se trouve à une distance z du point O, se décomposant en deux distances : x suivant l'axe et y dans le plan suivant le rayon, on aura

$$\mathcal{H}_z = \mathcal{H}_0\left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}+\frac{3}{4}\frac{y^2}{r^2}\right).$$

On peut remarquer qu'il existe un lieu de points pour lesquels la correction totale est nulle, et le champ égal au champ en O. Ces points sont donnés par la condition

$$-\frac{3}{2}x^2+\frac{3}{4}y^2 = 0,$$

$$y = \pm x\sqrt{2}.$$

Cette équation représente un cône de révolution à deux nappes ayant le point O pour sommet et l'axe magnétique du cerceau pour axe de révolution.

Le demi-angle au sommet a pour valeur α, donné par

$$\tan\alpha = \frac{y}{x} = \sqrt{2} = 1,414, \qquad \alpha = 54^\circ 44' 7'',8.$$

Calcul de γ. — Due au diamètre de la petite bobine. Considérons la petite bobine réduite à une seule spire de rayon z, placée de façon que son centre coïncide avec celui du cerceau O, son plan étant perpendiculaire à celui du cerceau.

C'est dans cette position que le couple électromagnétique sera maximum.

Soient ds un élément de courant dont le centre est en M, α l'angle formé par l'axe de rotation PQ du couple électromagnétique produit par le champ du cerceau sur le courant i qui circule dans la spire; cette ligne PQ est l'intersection du plan du cerceau avec le plan de la petite spire.

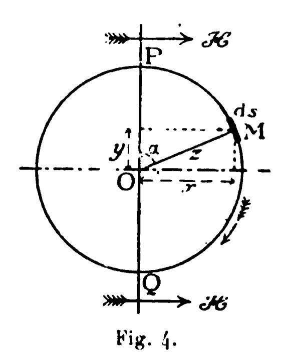


Fig. 4.

En désignant par $\mathcal{H}_0$ le champ au point O, nous aurons pour le champ au point M

$$\mathcal{H}_M = \mathcal{H}_0\left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}+\frac{3}{4}\frac{y^2}{r^2}\right).$$

La force qui agit sur ds sera

$$\mathcal{H}_M = i\,ds\sin\alpha.$$

Elle sera perpendiculaire au plan de la figure, et son moment par rapport à l'axe PQ sera

$$dc = \mathcal{H}_0\left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}+\frac{3}{4}\frac{y^2}{r^2}\right) i\,ds\sin\alpha\, x.$$

On aura le couple total en intégrant dc

$$c = 2\mathcal{H}_0 i\int_0^\pi \left(1-\frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2}+\frac{3}{4}\frac{y^2}{r^2}\right) x\sin\alpha\, d\varepsilon.$$

Or

$$x = z\sin\alpha, \qquad y = z\cos\alpha, \qquad ds = z\,d\alpha;$$

d'où, en substituant

$$c = 2\mathcal{H}_0 i\int_0^\pi \left(1-\frac{3}{2}\frac{z^2}{r^2}\sin^2\alpha+\frac{3}{4}\frac{z^2}{r^2}\cos^2\alpha\right) z^2\sin^2\alpha\, d\alpha,$$

ce qui conduit à calculer les trois intégrales

$$I_1 = \int_0^\pi z^2\sin^2\alpha\, d\alpha, \qquad I_2 = \int_0^\pi \frac{3}{2}\frac{z^4}{r^2}\sin^4\alpha\, d\alpha,$$

$$I_3 = \int_0^\pi \frac{3}{4}\frac{z^4}{r^2}\sin^2\alpha\cos^2\alpha\, d\alpha.$$

On a successivement

$$I_1 = z^2\int_0^\pi \sin^2\alpha\, d\alpha = \frac{\pi z^2}{2},$$

$$I_2 = \frac{3}{2}\frac{z^4}{r^2}\int_0^\pi \sin^4\alpha\, d\alpha.$$

Or

$$\int \sin^4\alpha\, d\alpha = -\sin^3\alpha\cos\alpha + \frac{3}{8}\left(\alpha - \frac{\sin 4\alpha}{4}\right).$$

En substituant, on a pour I_2

$$I_2 = \frac{3}{2}\frac{z^4}{r^2}\frac{3\pi}{8} = \frac{9}{16}\frac{\pi z^4}{r^2}.$$

Pour la troisième, I_3, on a

$$I_3 = \frac{3}{4}\frac{z^4}{r^2}\int_0^\pi \sin^2\alpha\cos^2\alpha\,d\alpha = \frac{3}{32}\frac{z^4}{r^2}\left(\alpha - \frac{\sin 4\alpha}{4}\right)_0^\pi,$$

$$I_3 = \frac{3}{32}\frac{\pi z^4}{r^2}.$$

En remplaçant, on a

$$c = 2\mathcal{H}_0 i\left(\frac{\pi z^2}{2} - \frac{9\pi z^4}{16 r^2} + \frac{3\pi z^4}{32 r^2}\right),$$

$$c = \mathcal{H}_0 \pi z^2 i\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}\right).$$

La valeur de γ est donc $-\frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}$.

Calcul de δ. — Correction due à la longueur $2l$ de la petite bobine.

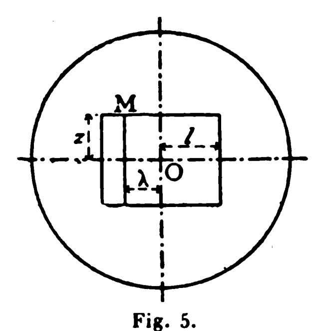


Fig. 5.

Si l'on considère une spire M (*fig.* 5) placée à la distance λ de O, on aura pour le couple c_λ la valeur précédemment calculée que nous appellerons c_0, à la condition de faire subir à $\mathcal{H}_0$ la correction due à l'excentricité λ.

On aura donc

$$c_\lambda = c_0\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right).$$

Si n est le nombre des spires, on aura le couple total C, en multipliant c_0 par n, et par la moyenne de la fonction corrective entre o et l.

Or

$$\text{Moy}_0^l\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right) = \frac{1}{l}\int_0^l\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right)d\lambda$$

$$= \frac{1}{l}\left(\lambda + \frac{1}{4}\frac{\lambda^3}{r^2}\right)_0^l = 1 + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}.$$

On aura donc pour C

$$C = \mathcal{H}_0 nsi\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}\right)\left(1 + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right),$$

$$C = \mathcal{H}_0 nsi\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2} + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right)$$

aux termes du quatrième ordre près.

Remarques. — I. On peut raisonner autrement pour établir cette formule. Soit n le nombre des spires; dans un espace $d\lambda$, il est $n\frac{d\lambda}{2l}$

$$dc_\lambda = c_0\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right)n\frac{d\lambda}{2l},$$

$$C = \frac{c_0 n}{2l}\int_{-l}^{l}\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right)d\lambda = c_0 n\left(1 + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right),$$

$$C = \mathcal{H}_0 nsi\left(1 + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right)\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}\right).$$

II. On pourrait établir directement la formule complète.

Dans le calcul du couple produit par une spire, au lieu de la supposer au centre, il n'y a qu'à la prendre excentrée d'une distance λ. On a alors

$$\mathcal{H}_M = \mathcal{H}_0\left[\left(1 - \frac{3}{4}\right)\frac{x^2}{r^2} + \frac{3}{4}\frac{(y^2 + \lambda^2)}{r^2}\right]$$

$$= \mathcal{H}_0\left[\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right) - \frac{3}{2}\frac{x^2}{r^2} + \frac{3}{4}\frac{y^2}{r^2}\right].$$

La première intégrale I_1 seule change de valeur, et l'on a

$$I_1 = \left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2}\right)\frac{\pi z^2}{2},$$

ce qui donne pour résultat final

$$c_\lambda = \mathcal{H}_0 si\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2} - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}\right).$$

Il suffit, pour avoir C pour toute la bobine, de considérer soit la moyenne de la fonction, soit d'intégrer par rapport à λ. On aura de même que plus haut

$$dc_\lambda = \mathcal{H}_0 si\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2} - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2}\right)\frac{n\,d\lambda}{2l},$$

$$C = \frac{\mathcal{H}_0 nsi}{2l}\int_{-l}^{l}\left(1 + \frac{3}{4}\frac{\lambda^2}{r^2} - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r_2}\right)d\lambda,$$

$$C = \mathcal{H}_0 nsi\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2} + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right).$$

III. On peut choisir le rapport $z : l$ de façon à avoir une bobine qui, dans tous les cerceaux, ne donne pas de terme correctif du second degré.

Il faut pour cela que

$$\frac{15 z^2}{16} = \frac{l^2}{4}, \qquad \frac{15 z^2}{4} = l^2,$$

$$\frac{z}{l} = \frac{2}{\sqrt{15}},$$

ou

$$l = z\frac{\sqrt{15}}{2} = \frac{3,872}{2}z = 1,936 z.$$

Formule générale. — En explicitant les termes correctifs, on aura

$$C = \frac{2\pi l}{r}\left(1 + \frac{2}{3}\frac{a^2}{r^2} - \frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2}\right)\left(1 - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2} + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}\right)nsi,$$

ou, d'après nos conventions,

$$C = \frac{2\pi l}{r} nsi(1+\theta),$$

avec

$$\theta = \frac{2}{3}\frac{a^2}{r^2} - \frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2} - \frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2} + \frac{1}{4}\frac{l^2}{r^2}.$$

Nous pouvons annuler θ, soit en combinant deux à deux les termes positifs et négatifs, l'un dû au cerceau, l'autre à la bobine, soit en les combinant pour chacun des appareils.

Cette dernière façon a l'avantage de rendre la bobine et le cerceau indépendants.

En prenant $r \geqq 5$ fois l, les deux derniers termes sont $\leqq \frac{1}{100}$.

Les termes négligés du quatrième ordre sont de l'ordre de $\frac{1}{10000}$.

Dimensions arrêtées. — Pour déterminer a et b il faut tenir compte de la surface de refroidissement; on a

$$10\rho \frac{1}{4ab} \times 10000^2 = 1 \times 4(a+b),$$

en admettant 10^{cm^2} par watt pour le courant maximum.

D'autre part,

$$a = 0,866b,$$

$$\frac{10 \times 1,8 \times 10^{-6}}{4 \times 0,866 b^2} \times 10^8 = 4 \times 1,866b,$$

$$b = 4,121 \text{ centimètres},$$

$$a = 0,866b = 3,55 \text{ centimètres}.$$

En arrondissant et mettant 70^{mm} pour $2a$, cela fait 81^{mm} pour $2b$.

Diamètre. — On le choisira de telle façon que la valeur absolue de chaque correction n'excède pas 0,01.

Nous aurons donc

$$\frac{1}{2}\frac{b^2}{r^2} = \frac{1}{100},$$

d'où

$$r = b\sqrt{50} = 4,12 \times 7,07 = 29 \text{ centimètres}.$$

On prendra $0^{\text{m}},30$ de rayon, soit $0^{\text{m}},60$ de diamètre.

On prendra pour épaisseur

$$2a = 7 \text{ centimètres},$$

et pour largeur

$$2b = 8,1 \text{ centimètres}.$$

Bobine. — Nous déterminerons ses dimensions par la condition que chacun des termes correctifs ait pour valeur 0,01.

On aura

$$\frac{15}{16}\frac{z^2}{r^2} = 0,01;$$

d'où

$$z = r\sqrt{\frac{0,16}{15}} = r \times 0,1033 = 30 \times 0,1033,$$

$$z = 3^{\text{cm}},1, \quad \text{soit} \quad 62^{\text{mm}} \text{ de diamètre}.$$

La longueur $2l$ sera

$$1,936 \times 62 = 12 \text{ centimètres}.$$

Nous adopterons ces deux nombres :

Longueur de la petite bobine... 12 centimètres,
Diamètre de la petite bobine... 6,2 centimètres.

Calcul des erreurs provenant du réglage. — 1° *Déplacement suivant l'axe*. — D'après ce que nous avons vu, l'erreur serait

$$-\frac{3}{2}\frac{\varepsilon^2}{r^2}.$$

Pour faire une erreur de $\frac{1}{1000}$, il faudrait

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{1000} \times \frac{2}{3}} \times r = 0,02583 \times 30 = 0,775,$$

soit près de 8^{mm}.

2° *Déplacement dans le plan du cerceau*. — L'erreur serait, dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de la petite bobine,

$$+\frac{3}{4}\frac{\varepsilon^2}{r^2}.$$

Pour faire une erreur de $\frac{1}{1000}$, il faudrait

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{1000} \times \frac{4}{3}} \times r = 0,0305 \times 30 = 1,095 \text{ centim.}$$

soit 11^{mm}.

Un déplacement suivant l'axe ne produit qu'une erreur du troisième ordre.

3° *Défaut de perpendicularité des axes magnétiques*. — Le couple, pour un angle α, serait

$$C_\varepsilon = C\cos\alpha = C\left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right).$$

Ce réglage ne demande pas plus d'exactitude; on a l'avantage de travailler au maximum de la fonction cosinus.

En plaçant des index suivant l'axe de la bobine, on peut avoir un réglage précis.

Le rayon intérieur du cerceau est du $26^{\text{cm}},5$; une erreur de $\frac{1}{1000}$ serait occasionnée par un déréglage de l'index de

$$\frac{\alpha^2}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon}{26,5}\right)^2 = \frac{1}{1000},$$

d'où

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{2}{1000}} \times 26,5 = 1,18 \text{ centimètre},$$

soit 12^{mm} environ.

Le défaut d'horizontalité de l'axe de la bobine conduirait à la même erreur.

En somme, les réglages sont peu délicats, car toutes les fonctions passent par un maximum ou un minimum : c'est là une condition essentielle pour faire une bonne mesure.

Calcul de la déviation probable. — Déviation correspondant à un courant de 6000 ampères.

Calcul du couple életromagnétique :

$$C = \frac{2\pi I}{r} \times \frac{nsE}{R} = \frac{2\pi I}{r} nsi.$$

On aura

$$I = 6000 \times 10^{-1}.$$

En mettant du fil de $\frac{3}{10}$ sur la bobine à fil fin, avec 2 ampères par millimètre carré, cela ferait 0,15 ampère ; on aura, avec un pas de $\frac{4}{10}$ de millimètre, 25 spires par centimètre, soit 300 en tout,

$$s = \frac{\pi \times (6,2)^2}{4} = 30^{cm^2},2, \qquad i = 0,15 \times 10^{-1},$$

$$C = \frac{2 \times 3,1416 \times 600}{30} \times 300 \times 30,2 \times 0,015,$$

$$C = 17078 \text{ dynes-centimètres.}$$

Couple du bifilaire,

$$C = \frac{Pe^2}{4f} \sin\alpha.$$

Supposons $P = 250^g = 250 \times 981$ dynes, $e = 10^{cm}$ et $f = 100^{cm}$.

Nous aurons pour la constante du bifilaire

$$B = \frac{Pe^2}{4f} = \frac{250 \times 981 \times 10^2}{4 \times 100} = 61200,$$

$$\sin\alpha = \frac{C}{B} = \frac{17078}{61200} = 0,275,$$

$\alpha = 16°$ environ.

Comme on peut lire aisément la minute à une demi-minute près, la précision est de l'ordre de $\frac{1}{2000}$ environ.

Suivant le voltage dont on disposera, on mettra en circuit avec la bobine une résistance laissant passer le courant convenable.

Remarque I. — La torsion est insignifiante pour des fils de $\frac{3}{10}$ de millimètre si peu tordus. On peut, d'ailleurs, l'évaluer.

On aura pour les deux fils

$$C_t = 2c_t\alpha,$$

c_t étant la constante de torsion du fil, qui, d'après Coulomb, est $\frac{\mu d^4}{l}$.

D'après mes expériences, le coefficient de Coulomb μ est, pour l'argent,

$$\mu = 2,81 \times 10^{10}.$$

On a donc

$$C_t = 2 \times \frac{2,81 \times 10^{10}(0,03)^4}{100} \times \frac{16}{360} \times 2\pi = 127,12,$$

α étant exprimé en radians.

Or le couple du bifilaire est

$$B\sin\alpha = 61200 \times 0,275 = 16800.$$

Celui de la torsion sera

$$\frac{127}{16800} = \frac{1}{132}.$$

On pourra en tenir compte aisément en posant, pour cette correction très faible,

$$C_t = 2c_t \sin\alpha,$$

ce qui revient, pour le terme correctif, à confondre α avec $\sin\alpha$,

$$c_t = \frac{2,81 \times 10^{10} \times (0,03)^4}{100} = 227,6.$$

Le couple total pourra donc s'écrire

$$C = \left(\frac{Pe^2}{4f} + 2c_t\right)\sin\alpha.$$

Remarque II. — Cettte formule du bifilaire suppose que e est petit par rapport à f et que α est petit.

La formule exacte est

$$C = \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha \times \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{e^2}{f^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}}},$$

que l'on peut écrire

$$C = \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha\left(1 - \frac{e^2}{f^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha\left(1 + \frac{1}{2}\frac{e^2}{f^2}\sin^2\frac{\alpha}{2}\right).$$

Ou, en remarquant que l'on a sensiblement, pour de petites valeurs de α,

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}\sin\alpha, \qquad \sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{4}\sin\alpha,$$

$$C = \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha\left(1 + \frac{1}{8}\frac{e^2}{f^2}\sin^2\alpha\right).$$

On pourra combiner cette correction avec celle de la torsion et écrire

$$C = \frac{Pe^2}{4f}\sin\alpha\left(1 + t + \frac{1}{8}\frac{e^2}{f^2}\sin^2\alpha\right)$$

en posant

$$t = \frac{2C_t}{\frac{Pe^2}{4f}}.$$

Dans notre cas, le deuxième terme est absolument sans effet; il peut être considéré comme du quatrième ordre.

Il est égal, dans l'exemple calculé, à

$$\frac{1}{8}\frac{1}{100} \times \overline{0,275}^2 = 0,000093,$$

il est : $< \frac{1}{10000}$.

On n'en tiendra pas compte; même en réduisant la longueur du bifilaire à $0^m,60$, le sinus serait réduit dans le même rapport et le terme correctif aurait toujours une valeur négligeable,

$$\frac{1}{8} \times \frac{1}{36} \times \overline{0,165}^2 = 0,0000947.$$

MESURE DE LA DÉVIATION. — 1° On peut se servir d'un cercle de torsion; on place la bobine perpendiculairement à l'axe du cerceau.

On lance le courant, puis on ramène, à l'aide de la

torsion, la bobine dans sa position normale; l'angle se lit sur le cercle.

En inversant le courant dans la petite bobine, on double la lecture et l'on élimine des dissymétries possibles.

Il serait bon de faire deux nouvelles lectures en inversant le courant dans le cerceau, mais c'est peu aisé.

2° On peut aussi lire la déviation sur une échelle transparente. Ce dispositif est commode pour de petites déviations et pour suivre un phénomène qui varie.

Soit C_α le couple qui s'exerce entre les deux courants, dans la position relative à la déviation α, on a

$$C_\alpha = \mathcal{H} nsi \times \cos\alpha = B \sin\alpha,$$

B étant la constante du bifilaire;

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi I}{r} \qquad \text{et} \qquad i = \frac{E}{R},$$

$$\frac{2\pi I}{r} \times ns \frac{E}{R} \cos\alpha = B \sin\alpha;$$

d'où

$$EI = \frac{BRr}{2\pi ns} \operatorname{tang}\alpha.$$

Le phénomène de la réflexion double la déviation et on lit en réalité $\operatorname{tang} 2\alpha$; mais pour de faibles déviations on peut écrire

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{tang} 2\alpha = \frac{\delta}{2D},$$

δ étant la déviation lue sur l'échelle et D la distance de l'échelle au miroir. Pour les déviations un peu plus fortes, ou si l'on désire une précision plus grande, on peut écrire

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{tang} 2\alpha \left(1 - \frac{1}{4} \operatorname{tang}^2 2\alpha\right),$$

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{\delta}{2D}\left(1 - \frac{\delta}{4D^2}\right) = \frac{\delta}{2D} - \frac{\delta^2}{8D^2}.$$

Note sur la détermination de B.— Au lieu de faire les mesures des dimensions du bifilaire, on peut déterminer expérimentalement sa constante, en faisant osciller un cylindre de moment d'inertie calculable [1].

La durée de l'oscillation sera

$$T = \frac{4\pi}{e} \sqrt{\frac{fK}{Mg}} = \frac{4\pi}{e} \sqrt{\frac{fD^2}{8g}},$$

K désignant le moment d'inertie du cylindre, M sa masse et D son diamètre,

$$K = \frac{MD^2}{8},$$

d'où

$$T^2 = \frac{16\pi^2}{e^2} \times \frac{fK}{Mg},$$

$$g \frac{Me^2}{4f} = \frac{4\pi^2 K}{T} = B' \text{ (relatif à } Mg),$$

et B relatif à la bobine du poids P,

$$B = \frac{Pe^2}{4f} = \frac{P}{Mg} \times B' \quad (^1).$$

APPLICATION AUX COURANTS ALTERNATIFS. — La self-induction de la bobine à fil fin est assez faible; néanmoins on peut faire une petite correction.

Calculons approximativement la self-induction en assimilant la bobine à un long solénoïde,

$$L_s = \frac{4\pi N^2 S}{l} \times 10^{-9} \text{ henrys},$$

$$= \frac{4 \times 3,1416 \times \overline{300}^2 \times 30,19}{12} \times 10^{-9},$$

$$L_s = 2,845 \times 10^{-3} \text{ henrys}.$$

Si l'on admet que $i = 0,15$ ampère, on aura pour R, sous 30 volts seulement,

$$R = \frac{30}{0,15} = 200 \text{ ohms}.$$

A la fréquence de 50 périodes par seconde, la pulsation ω sera

$$\omega = 2\pi \times 50 = 314$$

et l'on aura pour constante de temps du circuit mobile

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{\omega L}{R} = \frac{314 \times 2,845 \times 10^{-3}}{200} = 4,469 \times 10^{-3}.$$

D'après M. Blondel, la puissance vraie W est, si W_{ind} représente l'indication du wattmètre et W_{app} le produit des lectures au voltmètre et à l'ampèremètre,

$$W = W_{ind} \mp \sin\alpha \sqrt{W_{app}^2 - W_{ind}^2},$$

$$\sin\alpha = \frac{4,469 \times 10^{-3}}{\sqrt{1 + \operatorname{tang}^2\alpha}} = 4,469 \times 10^{-3}.$$

En supposant que le $\cos\varphi$ entre I et E soit de 0,85 et en confondant *sous le radical* W_{ind} avec W, on aurait, pour la correction,

$$\sin\alpha \times W_{app} \sqrt{1 - \cos\varphi} = 4,469 \times 10^{-3} \times 0,3872 \times W_{app}$$
$$= 1,730 \times 10^{-3} W_{app},$$

soit une correction de $\frac{1}{580}$ environ.

---

[1] Pour éviter l'effet des erreurs de centrage, la hauteur et le rayon de ce cylindre doivent satisfaire à la condition de $H = R\sqrt{3}$. (Voir *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 mai 1882 : *Sur la détermination du moment du couple de torsion d'une suspension unifilaire.*)

[1] Cette forme $\frac{P}{Mg}$ provient de ce que nous avons toujours exprimé P en dynes.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Règlement d'administration publique relatif à la loi sur le repos hebdomadaire. — Dans le précédent numéro nous avons donné (p. 60) le texte de la loi votée le 10 juillet par la Chambre. M. Poincaré, ministre des Finances, chargé par intérim du Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail, vient de présenter à la signature du Président de la République le premier décret portant règlement d'administration publique, qui précise en quelques points les conditions d'application de la loi. Voici le texte de ce décret et du rapport qui l'accompagne :

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE.

Monsieur le Président, la loi du 13 juillet 1906, établissant le repos hebdomadaire en faveur des employés et ouvriers, a remis à quatre règlements d'administration publique le soin de déterminer les conditions d'application de ses dispositions.

Un seul de ces règlements est indispensable à l'exécution immédiate de la loi : c'est celui, prévu par l'article 10, qui doit organiser le contrôle des jours de repos pour tous les établissements. J'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui ce décret à votre approbation, après avoir pris l'avis du Conseil d'État. Dès qu'il aura paru au *Journal officiel* et aura pu être connu des intéressés, l'application de la nouvelle loi devra commencer sans attendre la publication des trois autres règlements prévus par ses articles 3 et 18.

Les décrets à prendre en exécution de l'article 3 doivent désigner certaines industries qui pourront bénéficier du droit de donner le repos par roulement et déterminer des dérogations particulières au repos des spécialistes occupés dans les usines à feu continu. En attendant que ces règlements aient donné les précisions attendues, le roulement sera provisoirement toléré dans les industries qui se prévaudraient des caractères définis sous les paragraphes 10 et 11 de l'article 3, et, d'autre part, il sera usé de tolérances à l'égard des spécialistes des usines à feu continu.

Le règlement prévu par l'article 18 doit établir la nomenclature des industries particulières auxquelles seront limitées, lorsqu'il s'agira des femmes ou des enfants, les dérogations générales énoncées à l'article 6 de la loi. Ce décret avait été préparé par mon administration et soumis au Conseil d'État.

Cette assemblée a demandé que la Commission supérieure du Travail dans l'industrie et le Comité consultatif des Arts et Manufactures fussent préalablement consultés en montrant, dans les termes suivants, que le retard qui résulterait de cette double consultation n'aurait pas d'inconvénients graves :

« Au surplus, en ce qui concerne la suspension du repos hebdomadaire pour les femmes et les enfants, il ressort, tant du texte de l'article 18 de la loi de 1906, que de la déclaration faite par le ministre du Commerce à la tribune de la Chambre le 10 juillet 1906, que les dispositions de la loi du 2 novembre 1892 continueront à être appliquées jusqu'à la promulgation des dispositions réglementaires destinées à les suppléer, et que, par suite, les délais indispensables pour l'instruction complémentaire demandée ne laisseront pas la matière sans réglementation. »

Il résulte de ces considérations que, seule, l'absence du règlement actuellement soumis à votre approbation suspend l'application de la loi sur le repos hebdomadaire, dont la mise en vigueur est impatiemment attendue par le monde des travailleurs. J'ai l'honneur, en conséquence, si vous en approuvez la teneur, de vous prier de vouloir bien revêtir de votre signature le projet de décret ci-joint.

Veuillez agréer, etc.

Signé : POINCARÉ.

DÉCRET ORGANISANT LE CONTROLE DE L'APPLICATION DE LA LOI DU 13 JUILLET 1906, SUR LE REPOS HEBDOMADAIRE.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail;

Vu la loi du 13 juillet 1906 établissant le repos hebdomadaire en faveur des employés et ouvriers;

Vu, notamment, l'article 10 de cette loi, ainsi conçu :

« ART. 10. — Des règlements d'administration publique organiseront le contrôle des jours de repos pour tous les établissements, que le repos hebdomadaire soit collectif ou qu'il soit organisé par roulement.

» Ils détermineront également les conditions du préavis qui devra être adressé à l'inspecteur du travail par le chef de tout établissement qui bénéficiera des dérogations. »

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

Dans tous les établissements spécifiés à l'article premier de la loi du 13 juillet 1906, où le repos collectif n'est pas assuré le dimanche, des affiches indiquant les jours et heures du repos hebdomadaire donné aux employés et ouvriers, doivent être apposées par les soins des chefs d'entreprise, directeurs ou gérants.

Dans ces mêmes établissements, lorsque le repos n'est pas donné collectivement à tout le personnel, le chef d'entreprise, directeur ou gérant, doit inscrire sur un registre spécial les noms des employés et ouvriers soumis à un régime particulier de repos et indiquer ce régime. Pour chacune de ces personnes, le registre doit faire connaître le jour et, éventuellement, les demi-journées choisis pour son repos.

ART. 2. — L'affiche doit être facilement accessible et lisible. Un duplicata en est envoyé avant sa mise en service à l'inspecteur du travail de la circonscription.

Le registre est tenu constamment à jour. Il reste à la disposition de l'inspecteur et doit être communiqué aux employés et ouvriers qui en font la demande. Il est visé par l'inspecteur au cours de ses visites.

ART. 3. — Tout chef d'entreprise, directeur ou gérant, qui veut suspendre le repos hebdomadaire en vertu, soit de l'article 4, soit des paragraphes 2 et 3 de l'article 6 de la loi, doit en aviser immédiatement et, sauf le cas de force majeure, avant le commencement du travail, l'inspecteur de la circonscription.

Il doit faire connaître à ce fonctionnaire les circonstances qui justifient la suspension du repos hebdomadaire, indiquer la date et la durée de cette suspension, et spécifier le nombre d'employés et ouvriers auxquels elle s'applique.

En outre, dans le cas prévu par l'article 4, lorsque des

travaux urgents sont exécutés par une entreprise distincte, l'avis du chef, du directeur ou du gérant de cette entreprise mentionne la date du jour de repos compensateur accordé au personnel.

Pour les industries déterminées au paragraphe 3 de l'article 6, l'avis indique les deux jours de repos mensuel réservés aux employés et ouvriers.

Art. 4. — Dans les établissements spécifiés au paragraphe premier de l'article 6 de la loi, le chef d'entreprise, directeur ou gérant doit, en cas de repos imposé par les intempéries, en prévenir le jour même l'inspecteur du travail et lui indiquer le nombre des personnes qui ont chômé. Il fait connaître, la veille au plus tard, à l'inspecteur, les jours où le repos hebdomadaire sera supprimé en compensation du chômage.

Art. 5. — Dans les cas prévus par les articles 3 et 4 ci-dessus, copie de l'avis doit être affichée dans l'établissement pendant toute la durée de la dérogation.

Art. 6. — Le ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel de la République française* et inséré au *Bulletin des Lois*.

Fait à Rambouillet, le 24 août 1906.

A. Fallières.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'Assemblée générale ordinaire du 26 avril 1906, nous extrayons ce qui suit :

	fr
Les recettes d'éclairage et de force ont passé de	641 409,35
en 1904,	
à	716 128,20
en 1905 :	
ce qui représente une augmentation de	74 718,85

Nos dépenses d'exploitation, par contre, se sont réduites,	
en 1905, à	263 808,30
en diminution de	27 376,58
sur les dépenses correspondantes de 1904, qui étaient de	291 184,88

Les bénéfices nets, frais généraux et service des obligations	
déduits, s'élèvent ainsi à	283 940,98
au lieu de	200 250,89
pour l'année précédente, ce qui fait ressortir une augmentation de	83 690,09
d'une année à l'autre.	

Ces résultats sont dus à l'extension progressive de votre entreprise, extension qui se poursuit comme les chiffres suivants peuvent vous l'indiquer :

Le nombre des abonnés a passé de	1356
en 1904, à	1500
au 31 décembre 1905,	
en augmentation de	144

Il a été placé dans le courant de l'exercice dont nous vous rendons compte :

3339 lampes à incandescence de diverses intensités formant, avec celles antérieurement placées, un total de 40 179 lampes à incandescence;

21 arcs formant, avec ceux antérieurement placés, un total de 460 lampes à arc;

36 moteurs développant ensemble 150 chevaux et formant, avec ceux antérieurement placés, 298 moteurs représentant une puissance de 1369 chevaux.

De sorte qu'au total l'énergie installée est représentée en nombre rond par 101 000 lampes de 10 bougies, au lieu de 92 000 à fin décembre 1904.

Ces chiffres ne comprennent pas les installations de la Compagnie des Tramways de Limoges qui, depuis les derniers mois de 1903, nous demande l'énergie électrique nécessaire à son exploitation : la puissance de la sous-station que nous avons établie pour cet objet correspond en chiffres ronds à 5700 lampes de 10 bougies.

L'énergie que nous avons fournie à la Compagnie d'Éclairage électrique de Brive a été supérieure à celle qu'elle s'était engagée à nous prendre, en vertu d'un contrat dont nous vous avons entretenus dans nos précédentes Assemblées. Les recettes que nous avons encaissées pour fourniture de courant à cette Compagnie se sont élevées, en 1905, à 22 502^{fr},10.

EXAMEN DU BILAN.

I. — *Compte de premier établissement.*

	fr
Le compte de premier établissement s'élève, au 31 décembre 1905, à	5 786 437,04
contre, au 31 décembre 1904	4 956 796,62
Augmentation	829 640,42

se répartissant comme suit :

Pour l'usine de la Vézère	76 514,75
Pour l'usine de Limoges	753 125,67

Pour répondre à l'accroissement des demandes d'abonnement, nous avons continué à étendre notre réseau de distribution : les dépenses de ce chef se sont élevées, en 1905, à 140 000^{fr} environ.

Il a été placé dans le courant de l'exercice :

1743^{m} de câbles primaires à trois conducteurs;

14 940^{m} de câbles secondaires évalués en câble à un conducteur;

2442^{m} de câbles de branchement à un conducteur;

89 boîtes de branchement pour le service des abonnés;

59 boîtes de distribution ou de sectionnement pour les canalisations;

13 nouveaux transformateurs.

II. — *Autres comptes.*

Des autres chapitres du bilan nous n'avons que peu de choses à dire :

Le chapitre « Compteurs » figure au bilan pour	87 925^{fr},00
en augmentation sur le chiffre de 1904 de	5883^{fr},95

Nous avons soldé, en 1905, 274 compteurs, ce qui porte à 659 le nombre total des compteurs devenus la propriété de votre Société.

Ainsi que nous l'avions prévu l'année dernière les locations que nous encaissons de nos abonnés sont actuellement supérieures aux mensualités que nous versons à la Compagnie des Compteurs. Ce chapitre va, par conséquent, s'amortir rapidement.

	fr
Nos disponibilités se composent de	311 360,85
d'espèces en caisse et en banques, et de	179 028,60
de débiteurs divers.	
En défalquant de cette dernière somme	45 000 »

pour avances sur les loyers de la Vézère (avances qui diminuent chaque année de 15 000^{fr}), il reste 134 028^{fr},60 représentant principalement les quittances de nos abonnés pour le courant fourni en décembre 1905. Ces quittances sont, à l'heure actuelle, entièrement recouvrées. Nos abonnés nous paient avec la plus grande ponctualité et le montant des quittances impayées ne s'élève qu'au chiffre insignifiant de 864^{fr},95 pour tout l'exercice 1905.



Nos disponibilités immédiates se totalisent à la fin du dernier exercice par 445389fr,45.

Notre passif envers les tiers, en dehors des Obligations en circulation, se chiffrait à la même date par 511356fr,20. Cette somme comprend les chapitres :

	fr
Obligations à rembourser	5500 »
Coupons arriérés	17912,65
sommes qui sont payables à présentation,	
et des créditeurs échelonnés pour	471937,35

Ce dernier chapitre représente les paiements par mensualités ou par annuités à faire à nos fournisseurs qui ont toujours accepté ce mode de règlement à longue échéance en raison de la confiance qu'inspire votre Société. Ces échéances se répartissent sur 5 années, soit jusqu'à la fin de 1910.

Il y est fait face au moyen de l'émission d'Obligations dont le placement s'effectue d'autant plus facilement que votre Société jouit d'un crédit qui ne fait que s'accroître à chaque nouvel exercice.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

	fr
Les recettes totales d'éclairage et de force se sont élevées, en 1905, à	716128,20
Les dépenses d'exploitation ont été de	263808,30
laissant un produit net de	452319,90
contre 350224fr,47 en 1904, soit une augmentation de 102095fr,43.	
Il faut y ajouter pour recettes diverses (intérêts, locations, etc.)	10366,70
ce qui porte le bénéfice d'exploitation à	462686,60

Le rapport des dépenses d'exploitation aux recettes d'éclairage et de force, c'est-à-dire le coefficient d'exploitation, qui était :

De 42,6 pour 100 en 1903,
De 45,4 » en 1904,
est de 36,8 » en 1905.

Le bénéfice d'exploitation s'élevant à	462686,60
il reste, après déduction des frais généraux qui sont de	42670,42
un solde de	420016,18
Les charges de l'exercice, pour les coupons d'obligations et l'amortissement des primes de remboursement des obligations remboursées en 1905, sont de	136075,20
Bénéfices nets	283940,98

RÉPARTITION DES BÉNÉFICES.

	fr
Des bénéfices nets s'élevant à	283940,98
nous devons déduire une somme de	13663,30
pour les Obligations remboursées en 1905, et, conformément à la décision prise par l'Assemblée générale du 27 avril 1903, nous devons porter cette somme au compte « Amortissement d'obligations ».	
Reste	270277,68
Nous vous proposons de prélever une somme de à porter au compte d'Amortissement.	80000 »
Du surplus	190277,68
il y a lieu de retrancher pour la Réserve légale 5 pour 100 de 190277fr,68, soit	9513,88
Il reste	180763,80

Ce qui nous permet de répartir 6 pour 100 au capital, tant aux actions ordinaires qu'aux actions privilégiées, soit	171000 »	
Nous devons, aux termes de nos Statuts, constituer sur nos bénéfices un Fonds d'amortissement pour votre capital, de manière à pouvoir amortir celui-ci dans le délai de la Concession, qui est encore, comme vous le savez, de 65 ans. Le montant de ce prélèvement peut être évalué à	5000 »	
Ensemble		176000 »
Sur le solde de		4763,80
nous vous proposons de prélever, en faveur de notre personnel, une somme de		3000 »
et de reporter à nouveau		1763,80
qui, joints aux		132369,95
reportés des exercices précédents, formeront un solde de bénéfices reportés de		134133,75

Si vous adoptez les propositions que nous vous soumettons, les différents comptes de réserve s'élèveront aux chiffres suivants :

Réserve légale	29007,02
Réserve d'amortissement d'Obligations	51145,80
Réserve pour amortissement de matériel	130000 »
Fonds d'amortissement du capital-actions	5000 »
Total	215152,82

en augmentation de 108177fr,18 sur l'exercice précédent.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1905.

Actif.

				fr
Apports suivant statuts				500000 »
1er établissement.	Années antérieures	4956796,62		5786437,04
	Année 1905	829640,42		
Compteurs				87925 »
Mobilier				8462,65
Marchandises en magasin				61857,95
Caisses et Débiteurs divers.	Abonnés : Limoges	127395,65	134028,60	179028,60
	Abonnés : Lubersac	632,95		
	Abonnés : Brive	6000 »		
	Loyers d'avance		45000 »	
Caisses et Banques.	Caisse Paris		9989,35	311360,85
	» Limoges		7792,80	
	Crédit mobilier français		293281,30	
	Divers		297,40	
Primes de remboursement sur obligations				1357742 »
Impôts sur titres				10282,10
Total				8303036,19

Passif.

Capital			2850000 »
Obligations 4 %			1468000 »
» 3 %			2921000 »
Réserves.	Légale		19493,14
	D'amortissement d'Obligations		37482,50
	Pour amortissements de matériel		50000 »
Créditeurs divers.	A termes échelonnés	471937,35	511356,20
	Avances sur canalisations	15675,45	
	Obligations à rembourser	5500 »	
	Coupons arriérés	17912,65	
	Divers	330,75	
Comptes d'ordre			29453,42
Profits et Pertes.	Bénéfices reportés	132209,95	416310,93
	» de l'exercice 1905	283940,98	
Total			8303096,19

Profits et pertes au 31 décembre 1905.

Débit.

Dépenses d'Exploitation	263808,30
» d'Administration	42670,42
	306478,72
Service des Obligations	136075,20
	442553,92
Balance	416310,93
Total	858864,85

Crédit.

Recettes d'Exploitation	716128,20
Intérêts et Divers	10366,70
	726494,90
Report des exercices précédents	132369,95
Total	858864,85

Société anonyme Westinghouse. — M. F.-E. Dracke, ingénieur civil, chevalier de la Légion d'honneur, a été nommé directeur général de cette Société.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — La puissance hydraulique en Italie. — D'après une statistique officielle récente que rapporte l'*Elettricista*, la puissance hydraulique dont dispose l'Italie est de 5000000 de chevaux. Sur ce chiffre, 2642000 chevaux pourraient être produits par 24486 chutes ou torrents facilement utilisables; 28,37 pour 100 de cette puissance se trouvent dans les provinces du Nord; 26,06 dans les provinces centrales; 30,07 dans les provinces du Sud, avec 5,45 pour 100 en Sicile et 0,07 pour 100 en Sardaigne. Les grands cours d'eau pourraient donner 767000 chevaux, dont on n'utilise encore que 175000.

Transmission. — Peut-on arroser a la lance les canalisations a haute tension? — Dans les incendies, il arrive parfois que le jet des lances vient rencontrer un conducteur électrique. Le pompier qui tient la lance se trouve alors parcouru par un courant dérivé du conducteur par le jet d'eau. Plusieurs accidents, plus ou moins graves, résultant de ces dérivations, s'étant produits, des essais ont été entrepris dans divers pays, pour se rendre compte à partir de quelle tension le danger est réel et tout récemment la Société électrotechnique allemande discutait les résultats de ces essais. Cette discussion ne semble toutefois pas avoir résolu la question, car les avis donnés par les divers techniciens qui y ont pris part sont contradictoires. Ainsi, suivant M. Kuhlmann, il est impossible d'arroser, sans recevoir un choc intense, une canalisation, même à la tension relativement faible de 3000 volts. Au contraire, M. Görges prétend, d'après des expériences faites par lui, il y a une dizaine d'années, en Haute-Silésie, que l'on peut arroser impunément un conducteur à 10000 volts en se plaçant à 1^{m} de distance si l'on prend la précaution de tenir la lance avec des gants de caoutchouc. M. Kuhlmann répond à cela que les gants ou les souliers en caoutchouc ne sont pas à recommander, car ils peuvent facilement se fendiller et ne donnent dès lors qu'une fausse sécurité. A son avis, le meilleur mode de protection consiste à relier la partie métallique de la lance par un fil de cuivre d'au moins 6^{mm} de diamètre à une bonne terre (terre à paratonnerre, par exemple), ou, à défaut, à une large plaque métallique placée sur le sol humide et sur laquelle on met les pieds.

Traction. — Projet de chemin de fer électrique Rome-Naples. — Depuis plusieurs années déjà il est question de relier Rome et Naples par un chemin de fer électrique à grande vitesse. D'après l'*Elettricista*, la maison de banque La Cana vient d'adresser une demande en concession pour l'exécution d'un projet dû à M. Pivetta. La concession serait de 70 ans et les installations feraient gratuitement retour à l'État, à qui aucune subvention ne serait demandée. La distance de 198^{km}, qui sépare les deux villes, serait franchie en 1^{h}40^{m}, 2^{h} et 2^{h}45^{m}, suivant que les trains seraient directs, semi-directs ou omnibus.

Télégraphie sans fil. — Statistique mondiale des stations. — Le Département de la Marine des États-Unis vient de publier la liste des stations terrestres de télégraphie sans fil et celle des navires pourvus d'installations de ce genre. Le nombre des stations érigées dans chaque pays est : Belgique, 1; Danemark, 4; Allemagne, 13; France, 6; Grande-Bretagne et Irlande, 43; Hollande, 8; Espagne, 4; Portugal, 1; Gibraltar, 2; Italie, 18; Malte, 1; Montenegro, 1; Norvège, 1; Autriche-Hongrie, 2; Roumanie, 2; Russie d'Europe, 8; Suède, 3; Turquie, 6; Argentine, 5; Brésil, 5; Canada, 5; Chili, 1; Costa Rica, 1; Mexique, 2; Panama, 2; Uruguay, 1; États-Unis, 88 (dont 10 au Gouvernement et 32 sous le contrôle direct du Département de la Marine); Trinidad, 1; Tobagol, 2; Burma, 1; Hongkong, 1; Chine, 5; Hawaii, 6; Japon, 2; Indes orientales, 5; Russie d'Asie, 1; Égypte, 2; Morocco, 2; Mozambique, 2; Tripoli, 1.

Electrochimie. — Purification de l'eau par l'ozone. — D'après une lettre de M. W.-W. Gibbs, président de la United Water Improvement Co, au directeur du Département des Travaux publics de Philadelphie, des essais faits pour la purification par l'ozone de l'eau de la rivière Schuylkill ont donné toute satisfaction. Cette eau renferme, en effet, jusqu'à 2500000 bactéries par centimètre cube; après un grossier filtrage destiné à enlever les matières en suspension le nombre de bactéries est encore de 253000 à 700000! après traitement par l'ozone il n'y a plus que 5 à 55 bactéries par centimètre cube. L'usine d'essais peut traiter 4540$^{mm^3}$ d'eau par jour. Le courant primaire utilisé est à 10000 volts et à la fréquence 100. La consommation d'énergie journalière est de 200 kilowatts-heures pour 1 million de gallons d'eau traitée, ce qui fait environ 44 watts-heures par mètre cube, un gallon valant 4^{l},54.

Fabrication électrique de l'acier. — Plusieurs compagnies allemandes, parmi lesquelles la Oberschleische Eisenindustrie A.-G. ont décidé de faire des essais du procédé Kjellin; les installations nécessaires seront faites par la Siemens and Halske. A.-G.

Tome VI. **N° 64. — 30 août 1906.**
Publié le 22 septembre.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

REDRESSEURS.

Redresseur de courant alternatif, système Blondel (d'après une communication de M. BLONDEL au Congrès de Lyon de l'Association française pour l'avancement des sciences).

Cet appareil est constitué par un petit moteur synchrone et par un interrupteur tournant, entraîné par le moteur, et dont les contacts sont placés de telle façon que le circuit d'utilisation n'est fermé que pendant la durée d'une alternance du courant alternatif d'alimentation : il ne passe ainsi dans le circuit d'utilisation que des courants de même sens.

Dans le modèle présenté au Congrès et construit par la maison Gaiffe, l'interrupteur tournant est formé par une turbine à mercure dont le jet vient frapper une couronne de dents. Le nombre de dents est égal à la moitié du nombre de pôles du moteur synchrone (ce dernier est 8 dans le modèle présenté). La couronne peut être décalée de $\frac{1}{8}$ de tour, de manière à donner aux dents toutes les positions possibles par rapport au jet de mercure pendant la durée d'une alternance; on arrive ainsi à fermer le circuit d'utilisation à l'instant qui convient le mieux suivant le genre de l'appareil d'utilisation connecté au circuit.

La particularité principale du dispositif réside dans la facilité avec laquelle s'effectue l'accrochage du moteur synchrone. Pour cet accrochage on met l'enroulement du moteur en série avec l'interrupteur et on lance le rotor à la main. Celui-ci continue à tourner comme dans un moteur à attraction électromagnétique et il atteint bientôt la vitesse du synchronisme, sans la dépasser, grâce à une résistance convenable intercalée dans le circuit. Il suffit alors de faire la commutation qui mettra l'enroulement du stator en dérivation directe sur le circuit du secteur. On est prévenu que la vitesse du synchronisme est atteinte soit par le bruit régulier des étincelles, soit par les indications d'un ampèremètre. Ce dernier, qui sert normalement à mesurer l'intensité moyenne des courants redressés, est, au au démarrage, mis en série avec l'enroulement du moteur : tant que le synchronisme n'est pas réalisé l'aiguille de l'ampèremètre oscille, les courants qui traversent l'instrument n'étant pas tous de même sens; quand le synchronisme est atteint l'aiguille prend une déviation stable. Mais, lorsque le moteur est accroché, le sens du courant d'utilisation peut n'être pas celui qui convient, l'accrochage pouvant se faire sur l'une quelconque des deux alternances du courant d'alimentation; on cherche quel est ce sens au moyen de l'ampèremètre et, s'il n'est pas celui que l'on désire, on change ce sens au moyen d'un renverseur.

La figure 1 donne le schéma des connexions du

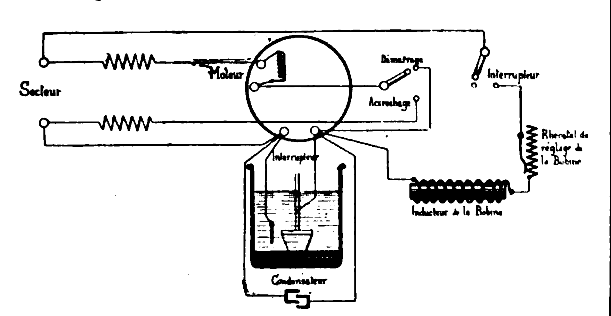


Fig. 1. — Schéma des connexions.

moteur et de l'interrupteur-turbine, d'une part avec le secteur, d'autre part avec l'appareil d'utilisation, en l'espèce une bobine de Ruhmkorff. Les figures 2 à 4 montrent comment ces connexions doivent être faites sur le tableau que la maison Gaiffe a combiné pour rendre aussi aisées que possible les manœuvres nécessaires à la mise en fonctionnement du redresseur.

Ce tableau porte, à sa partie supérieure, quatre bornes, 1, 2, 3, 4, dont les deux premières doivent toujours être reliées au secteur quelle que soit la nature de l'appareil d'utilisation, et, sur ses côtés latéraux et inférieur, trois groupes de deux bornes auxquelles on relie respectivement le moteur synchrone, l'interrupteur-turbine et l'appareil d'utilisation. Il porte en outre les appareils suivants : 1 lampe L, 2 plombs fusibles P, 1 commutateur à levier C, 1 bouton B, 1 ampèremètre A, 1 renver-

Fig. 2. — Connexions au tableau pour fonctionnement sur bobine.

Fig. 3. — Connexions pour charge d'une batterie avec transformateur.

Fig. 4. — Connexions pour charge directe d'une batterie.

seur R, 1 interrupteur unipolaire I_1 et 1 interrupteur bipolaire I_2.

Les manœuvres à effectuer sont les suivantes : tout d'abord pousser la manivelle **M** du stator du moteur vers l'une des indications *bobine* ou *charge*, suivant que l'on veut actionner une bobine de

Ruhmkorff ou charger une batterie d'accumulateurs. Pousser ensuite le levier du commutateur C du côté des bornes *secteur*, ce qui met le moteur en série avec l'interrupteur-turbine, puis fermer l'interrupteur bipolaire I_2 et lancer le rotor à la main dans le sens de la flèche F. Lorsque le bruit régulier des étincelles ou la déviation stable de l'ampèremètre indique que le synchronisme est atteint, on fait passer le levier du commutateur C vers les bornes *moteur* en s'arrêtant une seconde dans la position intermédiaire : cette opération met l'enroulement du moteur en dérivation directe sur le secteur. Pousser alors le bouton B, ce qui branche l'ampèremètre A en circuit avec l'interrupteur-turbine, puis placer le renverseur R du côté où dévie l'ampèremètre. Enfin, fermer le circuit d'utilisation au moyen de l'interrupteur unipolaire I_1.

Parmi les applications de ce redresseur, l'une des plus intéressantes est la charge des petites batteries d'accumulateurs, application pour laquelle il remplacera avantageusement les soupapes électrolytiques qui n'ont pas donné en pratique, par suite de leur rendement défectueux et de leur échauffement trop rapide, les résultats qu'on pouvait en espérer il y a quelques années.

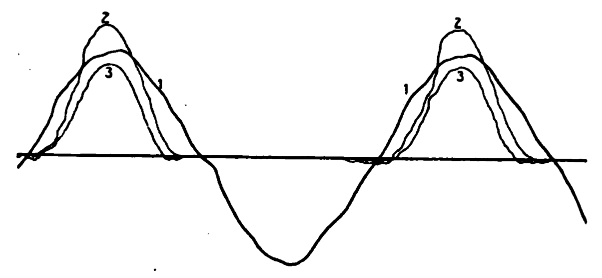


Fig. 5. — Courbes relevées à l'ondographe.

1. Différence de potentiel du secteur; 2. Intensité de charge d'une batterie de 70 volts; 3. Intensité de charge d'une batterie de 80 volts.

Le redresseur Blondel, du modèle courant, permet en effet des charges de 10 ampères sous 110 volts pendant 12 heures consécutives, sans que sa température dépasse de 20° la température ambiante et avec un rendement de 80 à 85 pour 100; on a même pu aller jusqu'à 20 ampères avec un rendement de 87 pour 100. Ce rendement est supérieur à celui d'un petit groupe moteur-dynamo de puissance correspondante, groupe d'ailleurs plus encombrant et plus coûteux qu'un redresseur.

La figure 5 donne les courbes, relevées à l'ondographe, de la variation de l'intensité du courant pendant la charge d'une batterie de 70 volts et d'une batterie de 80 volts. J. B.

ACCUMULATEURS.

Sur les bacs d'accumulateurs au plomb et d'accumulateurs alcalins, par M.-U. SCHOOP et C. LIAGRE (*Electroch. a. Met. Ind.*, t. IV, 1906, p. 103 et 139). — Dans les accumulateurs alcalins, outre les bacs en fer et en acier, on peut faire usage de bacs en ébonite. L'ébonite pure vaut de 15fr à 20fr le kilogramme et est ainsi trop chère. Mais on peut faire de bons bacs en n'employant que très peu de caoutchouc. Voici, à ce propos, quelques analyses intéressantes :

	Para pur.	Différents échantillons d'ébonite.				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Poids spécifique......	1,20	1,45	1,53	1,35	1,65	1,58
Eau..................	0,30	1,00	0,40	1,00	0,40	0,65
Cendres..............	1,50	23,50	31,00	27,50	46,25	49,00
Soufre combiné.......	5,50	11,00	13,50	12,50	8,75	5,50
Soufre libre..........	6,00	9,00	12,00	traces	5,75	0,50
Résines et huiles (solubles dans CS^2)....	2,00	4,00	5,00	0,50	»	1,50
Caoutchouc et factice..	84,10	51,50	38,16	49,60	32,85	42,85

Les cendres avaient les compositions suivantes :

1. Silicate d'alumine, chaux, oxyde de fer.
2. Silicate de magnésie.
3. Silicate de magnésie, chaux, silice, oxyde de fer.
4. Sulfate de baryte, chaux, carbonate de plomb.
5. Silicate de magnésie, chaux.
6. Silicate de magnésie, oxyde de fer.

Dans le cas des accumulateurs alcalins, il ne faut pas de caoutchouc factice dans l'ébonite, car il est attaqué par la lessive alcaline. On recherche le factice par le traitement avec la soude alcoolique.

Pour essayer les bacs d'ébonite au point de vue de l'homogénéité, on les remplit en partie d'eau et on les plonge dans l'eau. La partie du bac au-dessus du niveau doit être absolument sèche. On relie alors le liquide intérieur et le liquide extérieur aux deux extrémités du secondaire d'une bobine d'induction ou d'un transformateur. La bobine donne dans l'air une étincelle de 30cm. On diminue alors l'écartement des boules de laiton jusqu'à ce que les étincelles éclatent à nouveau. Si l'ébonite est de bonne qualité, on trouve de cette manière, par millimètre d'épaisseur, 5mm à 6mm de longueur d'étincelle. Si cette distance est moindre, c'est qu'il y a des fissures ou des corps conducteurs dans l'ébonite. Il faut alors rebuter le bac ou le réparer. Pour cela, on peut remplacer le point défectueux par de la gutta-percha ou par une solution épaisse de caoutchouc para dans le sulfure de carbone et vulcaniser une deuxième fois. Si l'ébonite renferme des huiles, au contact de la solution alcaline il se produit une écume très gênante.

L. J.

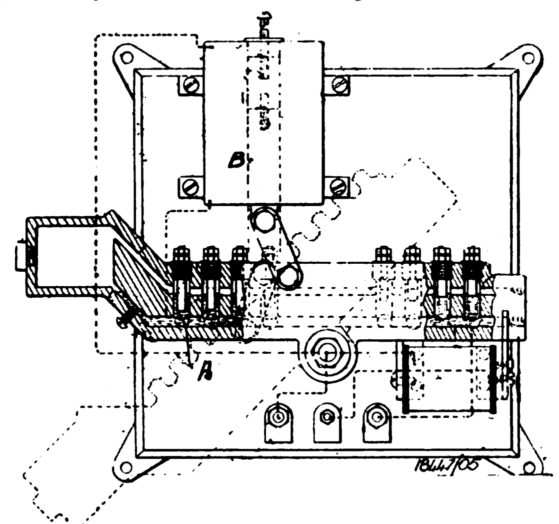




APPLICATIONS MÉCANIQUES.

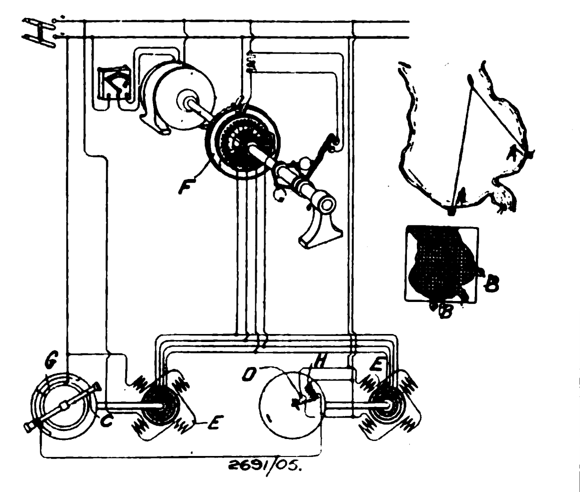
DIVERS.

Appareil de démarrage. British Thomson Houston C° (Brevet anglais 18447, 1905) — Cet appareil se compose d'un réservoir à mercure, A, portant à sa partie supérieure une série de tiges connectées à des

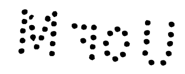


résistances et qui peut être amené de la position inclinée figurée en pointillé à la position horizontale par l'électro-aimant B. Lorsque le réservoir est incliné, toutes les résistances sont en série; quand il se relève sous l'action de l'électro-aimant, le mercure met successivement en court-circuit ces résistances.

Télémètre. British Thomson Houston C° (Brevet anglais



2691, 1905). — L'appareil a pour but de reporter à chaque instant, sur une carte, la position d'un objet mobile. Pour cela, deux observateurs, placés aux stations A, suivent avec deux télescopes les déplacements de l'objet et les mouvements de ces télescopes sont transmis à deux lampes situées aux points B de la carte correspondant aux stations A et qui envoient des faisceaux lumineux dont l'intersection marque la position de l'objet. — La commande à distance d'une lampe D par un télescope C s'effectue au moyen de contacts tournants, comme dans certains systèmes de télégraphes imprimeurs. Les deux moteurs faisant tourner les contacts doivent nécessairement avoir des vitesses angulaires rigoureusement égales à chaque instant; dans ce but, on utilise deux moteurs synchrones E, alimentés par des courants diphasés fournis par un petit alternateur F que commande un moteur électrique. Un électro-aimant H fait tourner la lampe D suivant la position du télescope C et les connexions que celui-ci établit en G.



BREVETS RÉCENTS (¹).

Moteurs : Adams. USAP. 820763, 24 mars 1905. — Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 173623 et 173624, 13 mars et 5 juillet 1904 (moteur monophasé à collecteur); 174289, 13 août 1904 (moteur triphasé). — Andrée. DRP. 174363, 20 déc. 1904 (moteur à champ tournant à induit fixe et inducteur tournant). — Beck. USAP. 819971, 2 mars 1903 (moteur et génératrice). — Berry. DRP. 174947, 1er juin 1905 (moteurs à courant continu). — Boucherot et Cie. DRP. 174080, 15 juin 1904. — Braun. DRP. 173649, 16 nov. 1904 (moteur monophasé à collecteur). — Brown, Boveri et Cie. BP. 20772, 1905 (alternomoteur). — Bruncken. DRP. 174104, 17 nov. 1905 (moteur d'induction à circuit ouvert dont les bobines sont court-circuitées par des balais). — Compagnie internationale d'Électricité. BF. 365440, 20 avril 1906 (moteur à courant continu auto-régulateur de puissance pour récepteurs à travail variable tels que trains de laminoirs et autres). — Fynn. BP. 26897, 1905 (moteur monophasé). — General Electric Company. BP. 11537 et 18447, 1905. — Hammond. USAP. 820781, 27 avril 1905 (moteur suspendu pour dentiste). — Heinze. USAP. 823495, 29 mai 1905 (moteur à courant alternatif). — Heyland. DRP. 174904, 23 fév. 1905 (dispositif de court-circuit pour les moteurs à courant alternatif). — Hunt et Sandycroft Foundry Cy. BP. 14401, 1905 (moteurs d'induction). — Jackson. USAP. 818027, 8 mars 1900 (moteur d'induction). — Jackson. USAP. 818027, 8 mars 1900 (moteur d'induction). — Lamme. USAP. 821044, 27 fév. 1904 (moteur d'induction). — Mortier. BF. 365927, 3 mai 1906 (alterno-moteur électrique à stator mobile actionnant une pompe à débit ou couple résistant variable) — Pfatischer. BP. 7286 et 7286 A, 1905.

(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRACTION ET LOCOMOTION.

FREINAGE DES VOITURES DE TRAMWAYS.

Tant que les conditions d'exploitation des réseaux à traction électrique restent analogues, au point de vue du poids et de la vitesse des véhicules, à celles des réseaux à traction animale, il n'y a aucune raison pour renoncer au freinage à la main, qui sur ces derniers réseaux a toujours donné entière satisfaction. L'emploi de ce mode de freinage est d'autant plus rationnel que la substitution du moteur électrique au moteur animal permet d'utiliser, en cas d'urgence, le moteur lui-même comme frein de secours, soit en le mettant en court-circuit après avoir coupé le circuit d'alimentation, soit encore en renversant le sens du courant d'alimentation dans l'armature, de manière à tendre à inverser son sens de rotation. En fait, le freinage à main est, à l'heure actuelle, le seul employé en service courant sur tous les réseaux électriques ne présentant pas de déclivités exceptionnelles et desservis par des voitures légères marchant à des vitesses ne dépassant pas une quinzaine de kilomètres par heure; le freinage électrique par court-circuit ou renversement de courant est alors utilisé seulement exceptionnellement, comme freinage de secours, ce mode de freinage pouvant entraîner soit une détérioration de l'équipement de la voiture par suite de la brusquerie de l'arrêt qu'il provoque, soit le grillage de l'armature des moteurs, par suite de l'intensité anormale de courant qui y circule.

Mais, si le frein à main convient comme frein de service dans beaucoup d'exploitations, il est d'autres exploitations où, par suite du poids considérable des voitures motrices, de l'emploi de voitures de remorque, des vitesses atteintes ou des déclivités importantes de la voie, l'usage de ce système de freinage est extrêmement fatigant pour le conducteur chargé de sa manœuvre. Si, en effet, on calcule la force avec laquelle les sabots doivent être appliqués sur les roues d'une voiture pesant seulement 8 tonnes, marchant à 20 km : h, pour l'arrêter en 20^{m} sur une pente de 20 mm : m (règle dite des *trois vingt* de l'article 21 du décret du 6 août 1881, appliquée à Paris), on trouve 4400^{kg} environ dans l'hypothèse où le coefficient de frottement des roues sur les sabots est 0,18. La timonerie qui transmet aux sabots l'effort exercé sur la manivelle de manœuvre ayant généralement un pouvoir multiplicateur égal à 400, c'est donc un effort d'environ 11^{kg} que doit développer le conducteur pour obtenir l'arrêt dans les conditions précitées. Si l'on veut parvenir à arrêter la voiture en 10^{m}, ce qui est parfois nécessaire pour éviter un accident, la force à appliquer aux sabots est alors à peu près égale au poids de la voiture; l'effort à appliquer à la manivelle serait par suite de 20^{kg} pour une voiture de 8 tonnes; pour une voiture de 12 tonnes, poids qu'atteignent aujourd'hui bon nombre de voitures à bogies, il faudrait un effort de 30^{kg}. De tels efforts ne sauraient être demandés, même exceptionnellement, au conducteur d'une voiture, la fatigue qui en résulterait pouvant avoir des conséquences graves pour la sécurité du service. On ne saurait songer non plus à diminuer ces efforts en modifiant les proportions des bras de leviers de la timonerie, car l'action du frein ne serait plus assez rapide et le conducteur perdrait toute confiance en celui-ci. D'ailleurs, sur les réseaux à trafic intense, où les arrêts et les ralentissements sont fréquents, une diminution de l'effort à exercer n'empêcherait nullement l'emploi continu du frein à main d'être extrêmement fatigant.

La commande directe du frein de service ne peut donc être toujours utilisée; il faut dès lors avoir recours à une commande indirecte, mettant en jeu une énergie étrangère, dont le conducteur n'aura plus qu'à régler l'emploi. Cette énergie peut être empruntée à l'électricité, à l'air comprimé, ou même à la force vive que possède la voiture qu'il s'agit d'arrêter. L'énergie motrice de la voiture étant fournie par l'électricité, il semble que c'est à l'électricité que l'on eût dû d'abord s'adresser. En réalité, sans doute par suite de son application relativement ancienne aux chemins de fer, c'est l'air comprimé qui fut de prime abord presque exclusivement employé pour la commande des freins de tramways électriques et ce n'est que depuis quelques années seulement que plusieurs importantes Compagnies de traction ont adopté l'électricité.

Auquel de ces deux systèmes de commande convient-il d'accorder la préférence? C'est là pour les Compagnies exploitantes une question de la plus haute importance. Aussi était-elle abordée dès 1900, à son Congrès de Wiesbaden, par la Verein deutscher Strassenbahn-und Kleinbahnverwaltungen (Association allemande de tramways et de chemins de fer d'intérêt local), puis reprise au Congrès de l'année suivante, qui eut lieu à Stuttgart. En 1902, l'Union internationale des tramways et chemins de fer d'intérêt local, dont le siège est à Bruxelles, mettait cette même question à l'ordre du jour du

Congrès qu'elle tint à Londres. Les enquêtes auxquelles se livrèrent l'une et l'autre Sociétés aboutirent à ce premier résultat que tous les systèmes de freins de service sont sensiblement équivalents au point de vue de la sécurité de l'exploitation.

Mais, si la sécurité est la condition primordiale que l'on doit exiger d'un frein, il est d'autres facteurs que les enquêtes avaient négligés et qui cependant ne sauraient laisser indifférentes les Compagnies exploitantes : ce sont les dépenses de premier établissement et celles d'entretien. Pour résoudre ce point de la question, l'Union internationale faisait de nouveau appel aux nombreuses Compagnies qui la constituent et, en 1903, leur adressait un questionnaire où était demandé d'indiquer les frais d'entretien et de renouvellement des freins par an et par kilomètre-voiture. En 1904, au Congrès de Vienne, M. Scholtes, directeur des tramways de Nuremberg-Furth, résumait les réponses reçues dans un Rapport où il se prononçait de manière très nette en faveur des freins à commande électrique, qu'il considère comme tout aussi sûrs que les freins à commande pneumatique, et beaucoup moins onéreux que ceux-ci comme installation et comme entretien ([1]).

Toutefois cette conclusion rencontra des adversaires et, sur la proposition de M. Kœhler, la question fut laissée à l'étude pour être de nouveau discutée au Congrès qui se tient cette semaine à Milan; il fut, en outre, décidé que les résultats de la nouvelle enquête seraient présentés au Congrès par deux rapporteurs, l'un partisan des freins électriques, l'autre partisan des freins à air. Ces rapporteurs sont respectivement M. Scholtes, déjà rapporteur en 1904, et M. L. Petit, chef de division à la Société nationale des Chemins de fer vicinaux de Bruxelles. On trouvera plus loin (p. 115 et p. 124) un extrait étendu de chacun de ces Rapports et l'on verra que, si les conclusions n'en sont pas absolument identiques, M. Scholtes continuant à donner la préférence au frein électrique et M. Petit mettant le frein électrique et le frein à air sur le pied d'égalité, l'un et l'autre reconnaissent cependant que le frein électrique est plus avantageux que le frein à air, sous le rapport des frais de première installation et des dépenses d'entretien.

La lecture de ces Rapports ne saurait toutefois dispenser les intéressés de prendre connaissance des réponses faites par les Compagnies faisant partie de l'Union internationale au questionnaire adressé par celle-ci. Les réponses sont à la fois nombreuses et copieuses. Suivant M. Scholtes leur nombre s'élève à 142; d'après M. Petit, il n'est que de 128; nous n'avons pas cherché à vérifier le nombre exact, la divergence des deux chiffres précédents pouvant simplement tenir à ce que M. Petit n'a pas tenu compte de certaines réponses notoirement incomplètes. Mais nous avons constaté que ces réponses n'occupaient pas moins de 142 pages, format $33^{cm} \times 22^{cm}$ et avons pensé que beaucoup de ceux que la question pourtant intéresse n'auraient sans doute pas les loisirs d'en faire le dépouillement. Nous l'avons fait pour eux, notant les points les plus importants des renseignements fournis dans les réponses aux questions que comportait le questionnaire ([1]), et c'est le but de cet article de donner, convenablement groupés, ces divers renseignements. Nous les ferons précéder de quelques mots sur les caractéristiques des divers systèmes de freins, car nous avons souvent constaté dans les réponses des confusions regrettables, en particulier lorsqu'il s'agit de freins à commande électrique, qui sont qualifiés de freins électriques, freins électromagnétiques, freins magnétiques, sans que le système spécial auquel s'applique le qualificatif employé soit nettement spécifié. Nous avons, en outre, recherché dans la littérature électrique les publications faites pendant ces deux dernières années ([2]) sur la question du freinage électrique considérée au double point de vue qui nous occupe : sécurité et économie, et avons utilisé les renseignements que nous y avons puisés concurremment avec ceux fournis à l'Union internationale. Nous signalerons spécialement parmi ces publications deux Rapports, l'un de M. Scholtes, l'autre de M. Bjorkegren, ingénieur en chef de la grande Compagnie des tramways de Berlin, présentés le 7 septembre 1905, à la 10e Assemblée générale, tenue à Francfort, de l'Association allemande des tramways et des chemins de fer d'intérêt local, ainsi qu'une étude très complète de M. Feel, sur des essais comparatifs de freinage avec freins à patins et avec divers autres systèmes.

([1]) Une analyse de ce Rapport et des discussions auxquelles il a donné naissance a été publiée dans ces colonnes (t. III, 30 juin 1905, p. 372).

([1]) Alors que le questionnaire adressé, en vue du Congrès de 1906, ne contenait que 8 questions, celui de 1905 en contenait 22.

([2]) Dans ce Journal ont été publiées les revues et analyses suivantes :

Sur les freins de tramways et de chemins de fer, par R.-A. Parke, t. I, 30 mars 1904, p. 181.

Freins pour tramways, par Scholtes, t. III, 30 juin 1905, p. 372.

Freins à air comprimé des tramways de Saint-Louis, t. I, 30 mars 1904, p. 181.

Frein hydroélectrique AEG, t. III, 15 mai 1905, p. 270.

Frein d'urgence Bolder agissant le rail, t. IV, 30 novembre 1905, p. 315.

Frein à action simultanée sur les roues et sur les rails, t. IV, 15 novembre 1905, p. 273.

Frein automatique Raworth, t. V, 15 avril 1905, p. 220.

Les 22 questions posées par l'Union internationale demandaient des renseignements sur les sujets suivants :

1. Ancienneté de l'exploitation électrique.
2. Longueur des lignes exploitées.
3. Écartement des voies.
4. Pentes.
5. Nombre de kilomètres-voitures accomplis pendant l'exercice écoulé.
6. Intensité du service.
7.-8. Nombre et types de voitures motrices et de voitures d'attelage; systèmes de freins employés.
9.-10. Date de l'installation des freins mécaniques; raisons de cette installation.
11. Essais comparatifs de freinage.
12. Sablières.
13. Consommation d'énergie des freins à air comprimé.
14. Frais d'entretien des divers systèmes de freins.
15. Dépenses d'installation.
16. Effets du freinage électrique sur le matériel.
17. Effets du freinage à air.
18. Choix du système de freinage d'après l'expérience acquise.
19. Accidents dus à la rencontre de deux motrices; freins utilisés.
20. Choix du système de freinage dans le cas de commandes ultérieures.
21. Consommation moyenne d'énergie par voiture-kilomètre et par tonne-kilomètre.
22. Vitesse maximum permise aux voitures.

Au point de vue de la comparaison des « avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques » qui était le but principal de l'enquête, les questions les plus importantes sont celles qui portent les n°s 11 et 19 qui sont relatives à la sécurité et les questions 13 à 17 inclus qui se rapportent aux dépenses d'installation et d'entretien et à l'effet du freinage sur le matériel. Les autres questions, secondaires en quelque sorte, sont néanmoins utiles par les renseignements qu'elles donnent sur l'importance du réseau, la nature du matériel employé et les conditions d'exploitation; nous ne prendrons dans les réponses relatives qui y sont que les renseignements indispensables pour la compréhension des réponses faites aux questions principales.

I. — CLASSIFICATION DES SYSTÈMES DE FREINAGE.

Les nombreux systèmes de frein aujourd'hui employés sur les voitures de tramways peuvent être classés de plusieurs manières suivant que l'on considère leur mode d'action, le mécanisme de commande ou la source d'énergie qu'ils utilisent, ou encore le but dans lequel ils sont employés.

A. Si l'on se place au premier point de vue nous avons :

1° Les freins agissant directement sur les roues du véhicule au moyen de sabots; ce sont les plus généralement employés;

2° Les freins agissant sur les essieux moteurs, soit directement au moyen de disques ou de tambours calés sur ces essieux et contre lesquels viennent frotter des organes fixes (autre disque, ou corde ou ruban enroulé sur le tambour, ou encore sabots), soit indirectement au moyen des moteurs électriques eux-mêmes que l'on fait fonctionner en génératrices (frein à court-circuit) ou dont on renverse le sens du courant dans l'induit (frein à contre-courant);

3° Les freins à patins et les freins à griffes qui utilisent le frottement sur le rail ou sur une longrine disposée parallèlement à celui-ci; les freins à patins sont parfois employés comme freins de service, mais les freins à griffes ne servent que comme freins de secours sur les voies présentant des déclivités très fortes;

4° Les freins à blocs, dans lesquels un bloc d'arrêt est placé sur le rail en avant de la roue en mouvement; il y a alors un couple résistant créé par le frottement de la roue contre le bloc d'arrêt et une force résistante provenant du frottement du bloc lui-même contre le rail; ce genre de frein n'est employé que comme frein de secours;

5° Les freins combinés dans lesquels on utilise simultanément deux effets. Tels sont : *a.* les freins électromagnétiques à disques où un disque fixe est pressé contre un disque fixe au moyen d'électro-aimants excités par le courant que fournit le moteur électrique fonctionnant comme générateur; on a alors deux couples résistants agissant sur l'essieu, l'un directement au moyen du disque calé sur cet essieu, l'autre indirectement par l'intermédiaire du moteur relié à l'essieu par le train d'engrenages; de ce type est le frein Sperry; *b.* les freins électromagnétiques à solénoïdes, ceux-ci étant encore excités par le courant fourni par le moteur fonctionnant en générateur et commandant des leviers reliés à des sabots agissant sur les roues; un tel frein utilise encore deux couples de freinage, l'un agissant directement sur les roues, l'autre indirectement par l'intermédiaire du moteur et du train d'engrenages; le frein Guénée est de ce type; *c.* les freins électromagnétiques à sabots et à patins dont un modèle est construit par la Société Westinghouse; *d.* les freins à patins et à blocs dont le type le plus connu est le frein Schiemann.

Dans la plupart de ces systèmes de freins le frottement mécanique des pièces fixes contre les pièces mobiles (sabots contre roues ou contre disque dans les freins des premier et second groupes, disque fixe contre disque mobile dans ceux du second, patins ou blocs contre rails dans ceux des troisième et quatrième) peut être augmenté en établissant un circuit magnétique se fermant à travers ces pièces; les freins de ce genre sont généralement qualifiés de

freins magnétiques. Si donc on se place au point de vue de la nature du couple ou de l'effort résistant mis en action pour provoquer le freinage, on a cette nouvelle classification :

1° Les freins à frottement mécanique, les plus anciens;

2° Les freins à adhérence magnétique, dont il vient d'être question;

3° Les freins à couple résistant électromagnétique, tels que les freins à court-circuit et à renversement de courant et les freins à disques électromagnétiques.

B. Si l'on considère les systèmes de freins d'après la manière dont ils sont commandés, les freins aujourd'hui en usage se classent comme il suit :

1° Freins à main;

2° Freins à commande pneumatique;

3° Freins à commande électrique.

Tous les systèmes de freinage peuvent évidemment être commandés électriquement, le rapprochement des pièces fixes et mobiles dans les freins à friction mécanique pouvant toujours être effectué au moyen d'électro-aimants. Par contre la commande par la main et la commande pneumatique ne peuvent nécessairement pas être utilisées dans les systèmes de freins où le couple ou l'effort résistant est d'origine électromagnétique. Pratiquement la commande à la main n'est utilisée que dans les freins à sabots frottant sur les roues et les freins à corde ou à ruban agissant sur l'essieu, parfois cependant pour la commande des freins à bloc d'enrayage.

Se plaçant toujours au point de vue de la manière dont s'effectue la commande des organes de freinage, on peut encore diviser les systèmes de freins, en

1° Freins automatiques;

2° Freins non automatiques.

Les premiers sont ceux qui provoquent automatiquement la mise en action de tous les freins des diverses voitures d'un train lors d'un accident causant une détérioration au système de freinage, par exemple lors d'une rupture d'attelage. Jusqu'ici il n'y a que les freins à commande pneumatique qui possèdent cette automaticité; dans ces systèmes automatiques les freins se trouvent bloqués dès que la conduite d'air comprimé ou d'air raréfié est mise en communication avec l'atmosphère. On pourrait cependant rendre automatiques certains freins à commande électrique; il suffirait pour cela que les électro-aimants qui agissent sur les freins aient pour mission de desserrer les freins lorsqu'ils sont excités par un courant : dès lors les freins se trouveraient automatiquement serrés quand un accident provoquerait la rupture du circuit d'alimentation. Mais un tel système exigerait une dépense permanente d'énergie électrique assez considérable, et c'est sans aucun doute là raison pour laquelle il n'est pas appliqué : il est vrai que, dans les systèmes automatiques à commande pneumatique, la dépense permanente d'énergie nécessaire pour maintenir la pression constante dans la canalisation, malgré les pertes ou les rentrées d'air, n'est pas non plus négligeable comme nous le verrons.

C. Si l'on envisage les freins d'après la nature de l'énergie qu'ils utilisent pour leur fonctionnement, nous avons la division suivante :

1° Les freins utilisant la force vive acquise par la voiture qu'il s'agit de freiner;

2° Les freins utilisant une énergie étrangère.

Les freins à corde ou à ruban frottant sur un tambour monté sur l'essieu, appartiennent au premier groupe; l'effort exercé par le conducteur pour la manœuvre de ces freins est en effet très minime et n'a d'autre but que d'amorcer le serrage qui devient de lui-même d'autant plus énergique que la vitesse de la voiture est plus grande; un frein à disques, de date assez récente, appelé « frein momentum » et dont nous parlerons plus loin, fait aussi partie de ce groupe. On doit y classer également les freins électriques à court-circuit et les freins électromagnétiques dans lesquels on utilise le courant des moteurs fonctionnant comme génératrices.

Pour les freins du second groupe l'énergie peut être fournie par le conducteur chargé de la manœuvre; c'est le cas des freins à main. Le plus souvent, du moins dans la traction électrique, elle est fournie par l'électricité : c'est en effet ce qui a lieu dans les freins électriques à renversement de courant et les freins électromagnétiques dans lesquels le courant d'excitation est dérivé de la ligne; c'est encore le cas de la plupart des freins à commande pneumatique, car généralement la compression ou le vide sont effectués au moyen d'une pompe actionnée par un moteur électrique spécial ou par un essieu moteur.

D. Enfin, lorsqu'on considère les systèmes de freinage suivant l'usage qu'on en fait, on a :

1° Les freins de service, utilisés pour les arrêts et ralentissements ordinaires;

2° Les freins de secours ou d'urgence, employés seulement dans les cas exceptionnels pour provoquer un arrêt brusque.

II. — PRINCIPAUX TYPES DE FREINS.

En raison des divers points de vue auxquels on peut se placer dans la classification des freins, de nombreuses confusions se rencontrent, comme nous le disions plus haut, dans les réponses au questionnaire adressé par l'Union internationale. Quelques-unes de ces confusions sont impardonnables : ainsi



beaucoup de compagnies indiquent le freinage électrique à court-circuit ou à renversement de courant comme freinage de service et disent quelques lignes plus loin que ce mode de freinage n'est utilisé que dans les cas urgents! Mais d'autres confusions sont plus explicables; plusieurs réponses qualifient de mécaniques les freins à main, sans doute parce que la transmission s'y opère uniquement au moyen de pièces mécaniques; d'autres appellent freins électromagnétiques tous les systèmes dans lesquels l'électricité est utilisée comme agent de freinage, etc. Nous conformant à la nomenclature admise par l'Union internationale et ses rapporteurs, nous réserverons l'appellation de « freins mécaniques » à ceux qui sont commandés par l'électricité, l'air comprimé ou l'air raréfié; nous appellerons « freins électriques » ceux qui utilisent uniquement le couple résistant des moteurs mis en court-circuit ou marchant à contre-courant; nous réserverons la dénomination de « freins électromagnétiques » aux freins à commande électrique dans lesquels il est fait usage d'électro-aimants ou de solénoïdes à noyau mobile pour provoquer mécaniquement le freinage; enfin, nous appellerons « freins magnétiques » ceux qui utilisent l'adhérence magnétique de patins ou de sabots aimantés contre les rails ou les roues. D'ailleurs, pour éviter toute équivoque, voici quelques indications sommaires sur les différents freins dont il est question dans les pages qui suivent :

Freins a main. — Tous les freins ainsi désignés sont des freins ordinaires à sabots frottant sur les roues; dans quelques cas la pression des sabots peut être produite non seulement par l'effort exercé par le conducteur sur la manivelle de manœuvre, mais encore par une corde ou ruban enroulé sur un tambour calé sur l'arbre.

Le frein « Momentum », signalé plus haut comme appartenant aux systèmes utilisant la force vive de la voiture à arrêter, est également un frein à main. Il se compose de deux disques entraînés par l'essieu, l'un calé invariablement sur cet essieu, l'autre pouvant glisser longitudinalement. Entre ces deux disques est une poulie montée folle sur l'essieu et dans la gorge de laquelle est enroulée une corde dont une extrémité est fixée à la poulie et l'autre à la timonerie; celle-ci commande un parallélogramme articulé portant deux galets dont les bords aigus peuvent s'engager dans une fente circulaire formée par un talon fixe sur l'essieu moteur et le disque mobile longitudinalement. Normalement les galets sont maintenus écartés de la fente par des ressorts de rappel. Quand on agit sur la manivelle de freinage, les bords des galets s'insèrent dans la fente et pressent les disques contre les faces de la poulie; celle-ci se trouve ainsi entraînée par les disques et tend la corde enroulée sur elle; la corde à son tour agit sur la timonerie et presse plus fortement les galets dans la fente produisant une pression de plus en plus grande entre les faces de la poulie et celles des disques. Les figures 1 et 2, qui donnent une élévation et une coupe horizontale par l'axe de l'essieu, montrent nettement ces divers organes. On remarquera que les surfaces de contact sont recouvertes d'une couronne en bois comprimé qui forme fermeture étanche et permet la lubrification de la partie centrale du dispositif sans qu'il y ait perte d'huile.

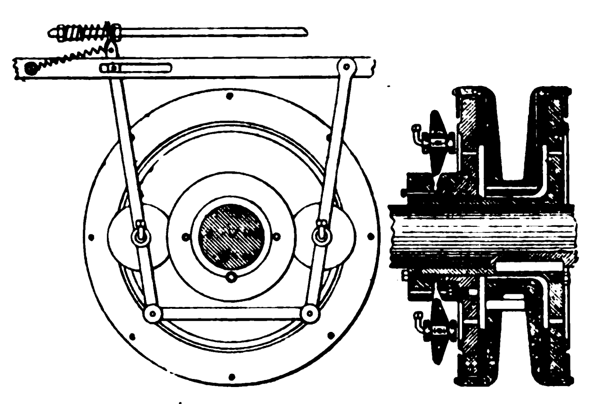


Fig. 1 et 2. — Élévation et coupe du frein Momentum.

Les freins à patins peuvent aussi être commandés à la main; la figure 3 montre un dispositif de ce genre.

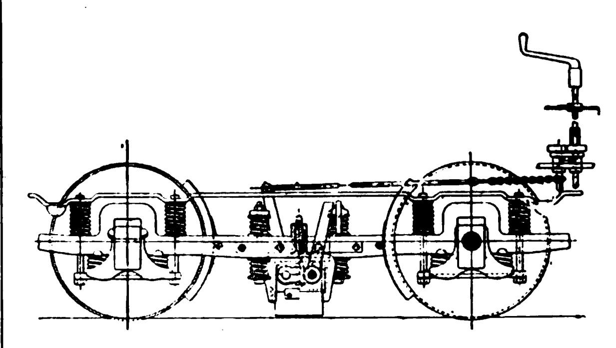


Fig. 3. — Frein à patins actionné à la main.

Freins a air. — Les organes essentiels de ces freins sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'y insister. Rappelons seulement qu'ils comportent des cylindres à freins et un réservoir auxiliaire sous chaque voiture, le réservoir auxiliaire contenant toujours de l'air comprimé (ou de l'air raréfié) à la pression d'emploi dans les cylindres à freins. La pression est maintenue dans les réservoirs auxiliaires au moyen d'une réserve d'air comprimé renfermée dans un réservoir, dit *réservoir principal*, que l'on charge aux terminus, ou bien en

cours de route, au moyen de pompes actionnées par un moteur électrique ou par un des essieux moteurs; quand les pompes sont commandées électriquement, elles sont mises en jeu ou bien par le conducteur de la voiture, ou bien automatiquement dès que la pression se trouve au-dessous d'une certaine limite; si les pompes sont commandées par un des essieux moteurs, les soupapes sont disposées de manière que les pompes fonctionnent à vide, sans refouler d'air dans le réservoir, quand la pression dépasse une certaine valeur.

Le type des freins à air comprimé est le frein Westinghouse; à Paris, on emploie le frein Soulerin; le frein Christensen est utilisé sur de nombreuses lignes en Amérique et en Europe; en Allemagne on emploie beaucoup le frein Bocker. Ces divers freins ne diffèrent que par des détails de construction qu'il est inutile de décrire pour le but que nous nous proposons ici. Dans tous, les pistons des cylindres de freinage agissent sur une timonerie analogue à celle des freins à main, de sorte que le freinage peut encore être effectué au moyen d'une manivelle en cas d'accident à la tuyauterie du système pneumatique. Dans l'application de ces systèmes à des trains de plusieurs voitures, on peut généralement provoquer à volonté soit le serrage simultané des freins de toutes les voitures, soit le serrage des freins de la voiture motrice seule; dans ce dernier cas, on obtient nécessairement un ralentissement plus doux, ce qui est avantageux lorsque le frein pneumatique est utilisé comme frein de service, car on obtient ainsi sans à-coups les changements de vitesses fréquents nécessaires sur les voies à circulation active.

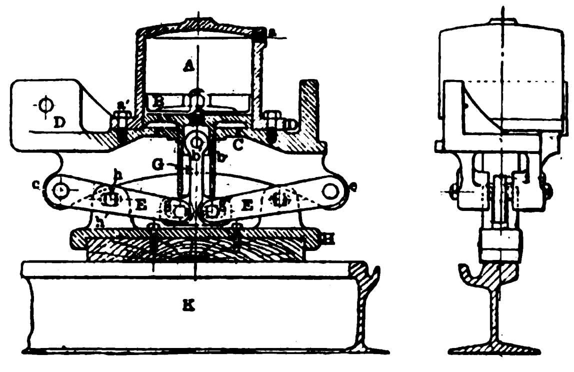


Fig. 4 et 5. — Frein magnétique à patins.

Les freins à air sont presque toujours à sabots frottant sur les roues, mais la commande pneumatique peut également s'appliquer aux freins à patins. Les figures 4 et 5 montrent un frein de ce genre.

Freins électriques. — Quel que soit le système d'équipement électrique des voitures, on peut toujours, comme on sait, obtenir le freinage électrique; il suffit pour cela de munir le régulateur de marche de touches supplémentaires permettant d'effectuer les opérations suivantes : (*a*) couper le courant de ligne; (*b*) inverser les connexions de l'armature avec les bobines de champ; (*c*) fermer le circuit du moteur sur des résistances dont les valeurs vont en décroissant.

Lorsque le freinage électrique n'est utilisé qu'exceptionnellement, le nombre des résistances que l'on peut intercaler dans le circuit du moteur est toujours faible; si, au contraire, on l'utilise en service courant, il faut, pour obtenir les gradations nécessaires dans le couple résistant, disposer d'un assez grand nombre de résistances que l'on met successivement hors circuit; certains régulateurs de marche construits pour utiliser le freinage électrique en service courant comportent jusqu'à 7 touches de freinage.

Quant au freinage électrique par renversement du sens du courant d'alimentation, il n'est jamais utilisé qu'en cas d'urgence.

Freins électromagnétiques. — On peut considérer comme type de ces freins le frein Guénée, dans lequel une timonerie ordinaire est actionnée par un électro-aimant à longue course.

Le frein électromagnétique Sperry, adopté par la General Electric Co, la Compagnie Thomson-Houston et l'Union Electricitäts Gesellschaft, est un frein à disques, l'un calé sur un essieu et l'autre fixe et porteur d'électro-aimants. Dans ce frein le couple résistant est non seulement dû au frottement mécanique des surfaces en contact, mais encore à l'adhérence magnétique, de sorte qu'il appartient, sous certains rapports, au groupe suivant. D'ailleurs, avant le contact des surfaces frottantes, il existe déjà un couple résistant de nature électromagnétique dû à l'action du champ sur les courants de Foucault développés dans le disque mobile.

Le courant nécessaire à l'excitation des électroaimants peut, nous l'avons déjà fait remarquer, être fourni par la ligne ou par les moteurs travaillant comme générateurs, comme dans les freins à court-circuit. Dans l'un et l'autre cas, le régulateur de marche doit comporter un certain nombre de touches de freinage permettant l'introduction de résistance décroissante dans le circuit des électroaimants.

Freins magnétiques. — Les figures 6 à 8 montrent un frein magnétique à patins.

Le déplacement vertical du patin, résultant de l'attraction qu'il exerce sur le rail lorsqu'il est aimanté, peut être utilisé pour presser des sabots contre les roues ou coincer un bloc entre celles-ci

et le rail; le frein magnétique Westinghouse est du

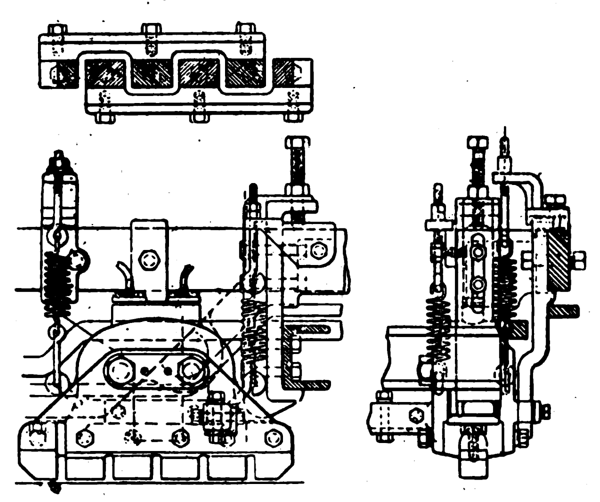


Fig. 6, 7 et 8. — Frein magnétique à patins.

premier genre, le frein Schiemann du second. La figure 9 représente un frein magnétique à patins et à sabots.

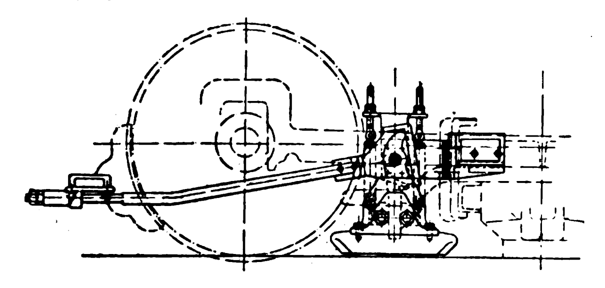


Fig. 9. — Frein magnétique à patins et à sabots.

III. — AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIVERS SYSTÈMES DE FREINS.

Les conditions que doit remplir un bon frein de service sont :

1° Donner le maximum de sécurité;

2° Être peu coûteux d'achat, d'entretien et de fonctionnement;

3° Ne pas occasionner par son fonctionnement l'usure exagérée du matériel roulant;

4° Être d'un maniement commode.

En ce qui concerne la première condition, il résulte de nombreux essais de freinage (dont nous nous occuperons dans le prochain numéro, la place nous faisant défaut dans celui-ci), que la plupart des systèmes de freins, même certains freins à main, sont à peu près équivalents. Toutefois, les freins à commande mécanique sont, comme il était à prévoir, supérieurs aux freins à main dès que la vitesse et le poids des voitures dépassent certaines limites, et, parmi les freins mécaniques, ceux à commande électrique donnent, en général, un freinage plus énergique que les freins pneumatiques. Toutefois, ces derniers ont pour eux l'avantage de fonctionner automatiquement en cas de rupture d'attelage; de plus, les freins électriques qui empruntent leur énergie à la ligne dépendent du maintien de la connexion entre la voiture et la ligne : un dérapage du trôlet peut annihiler leur action.

Les dépenses d'achat, d'entretien et de fonctionnement sont examinées au paragraphe IV; bien que les renseignements fournis soient parfois contradictoires, leur ensemble indique que les freins électriques sont plus économiques que les freins pneumatiques.

Des réponses fournies au questionnaire de l'Union internationale, il résulte que l'usure des bandages des roues n'est pas plus rapide avec les freins à commande mécanique qu'avec les freins à main. Certaines Compagnies se plaignent des accidents causés aux moteurs électriques par l'usage des freins électriques à court-circuit; mais il semble que ces Compagnies ne se servent du freinage électrique qu'en cas d'urgence et que l'intensité du courant alors développé est beaucoup plus considérable qu'il ne conviendrait; d'autres Compagnies affirment, au contraire, faire usage en service courant du freinage électrique sans avoir constaté d'inconvénients de ce genre. Il est donc fort probable, comme le dit M. Scholtes dans son Rapport, que des moteurs bien dimensionnés n'ont rien à redouter des effets du freinage électrique. On reproche aussi aux freins à commande électrique, en général, de procéder par à-coups qui fatiguent beaucoup le matériel, par suite de leur grande puissance de freinage. Mais, comme le fait observer M. Scholtes, ce reproche ne peut être fondé si le régulateur de marche comprend un nombre suffisant de touches de freinage et si l'employé chargé de la manœuvre est quelque peu habitué à celle-ci.

Quant à la commodité de la manœuvre, elle semble être plus grande avec les freins pneumatiques qu'avec les freins électriques; la puissance de ceux-ci allant, en effet, très rapidement en décroissant à mesure que la vitesse de la voiture diminue, l'arrêt définitif de la voiture exige que l'on complète l'action du frein électrique par celle du frein à main. Dès lors, le conducteur doit faire fonctionner successivement deux appareils, ce qui est toujours incommode et peut diminuer la sécurité dans les cas où l'arrêt doit être très rapide.

IV. — DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT, D'ENTRETIEN ET DE FONCTIONNEMENT.

Les réponses aux questions 15, 14 et 13 du questionnaire fournissent sur ces diverses dépenses quel-

ques renseignements malheureusement fort incomplets.

A. **Dépenses d'établissement.** — Ces dépenses dépendent non seulement du système de freins adopté, mais encore du type de voitures utilisé; de plus elles varient suivant que le frein a été installé au moment de la construction de la voiture ou après sa mise en service. Aussi est-il fort difficile de se faire une opinion bien arrêtée sur ces dépenses d'après les réponses transmises à l'Union internationale. Voici, toutefois, quelques-uns des prix indiqués pour les freins à commande pneumatique et les freins à commande électrique.

a. Freins à commande pneumatique. — D'après les Tramways de Barcelone, la dépense d'établissement des freins à air serait de 1400fr par voiture motrice et de 350fr par voiture d'attelage. A Berlin, elle s'élèverait à 1625fr pour les motrices à deux essieux, 1667fr,50 pour celles à bogies et à 250fr pour les voitures d'attelage à essieux ou à bogies. Suivant la Compagnie des Tramways bruxellois, la dépense est de 1350fr par voiture motrice et de 425fr par voiture d'attelage.

Pour les freins à commande pneumatique, les chiffres donnés sont donc assez concordants. Pour les voitures motrices ils sont un peu plus élevés que ceux qu'indique comme moyenne M. Bjorkegren dans un Rapport publié plus loin (1250fr à 1312fr,50 par voiture motrice, suivant qu'elle est à 2 ou 4 essieux); mais pour les voitures de remorque ils sont inférieurs à celui que donne M. Bjorkegren (500fr).

b. Freins à commande électrique. — Pour ces freins les renseignements fournis sont beaucoup plus discordants. Les voitures motrices sont généralement pourvues du frein à court-circuit au moment de leur achat; lorsque ce système de freinage est installé plus tard, les modifications qu'il convient de faire au régulateur de marche occasionnent des dépenses très différentes suivant le type de ce régulateur. D'autre part, dans le prix d'établissement du frein à court-circuit, les Compagnies qui utilisent en même temps un frein électromagnétique à disques sur la voiture motrice comprennent souvent l'installation de cet autre frein, sans d'ailleurs le spécifier nettement.

M Bjorkegren admet une dépense supplémentaire de 375fr par voiture motrice pour l'installation du frein à court-circuit seul. Cette dépense est notablement plus élevée que celles indiquées par diverses Compagnies : Cologne, 210fr et 187fr,50, suivant le poids de la voiture; Copenhague, 200fr; Dresde, 250fr.

Pour l'installation d'un frein à disques sur chaque essieu, la dépense atteint en moyenne 500fr d'après M. Bjorkegren. Ce chiffre concorde avec ceux indiqués par plusieurs exploitants.

La dépense totale pour le frein à court-circuit et deux freins à disques sur une voiture motrice serait donc d'environ 875fr; les tramways de Berlin indiquent 756fr,25.

Pour les voitures d'attelage l'installation de deux freins à disque coûterait en moyenne 531fr,25 d'après M. Bjorkegren Parmi les prix indiqués par les exploitants nous relevons : Barcelone, 400fr; Bâle, 320fr; Bielefeld, 462fr,50; Cologne, 500fr et 375fr, suivant modèle; Darmstadt, 437fr,50; Dresde, 375fr à 500fr; Dresde, tramways municipaux, 500fr à 600fr; Lyon, 550fr, etc.

L'installation du frein à solénoïde sur les voitures d'attelage est estimée à : Barcelone, 350fr; Amsterdam, 650fr (des modifications sont nécessaires à la timonerie); Copenhague, 432fr,50; Dresde, 287fr,50 à 312fr,50; Liége, 650fr; Linaris, 300fr, etc.

On voit par ces chiffres que, si l'installation des freins à commande électrique est moins coûteuse que celle des freins à air sur les voitures motrices, elle est au contraire plus coûteuse sur les voitures d'attelage. Aussi s'explique-t-on que M. Scholtes, quoique partisan convaincu du frein à commande électrique, préconise dans son rapport le frein à air quand les trains comprennent plusieurs voitures d'attelage. Lorsque, comme c'est le cas le plus général, il n'y a qu'une voiture de remorque, les dépenses d'installation sont encore un peu plus faibles pour le système électrique que pour le système pneumatique; ainsi M. Bjorkegren admet dans ce cas, pour le frein à air comprimé, 1500fr à 1875fr, suivant que la pompe de compression est mue par excentrique ou par engrenages, et 1400fr pour le freinage à commande électrique avec freins à disques sur la voiture motrice et la voiture d'attelage; et, comme nous l'avons fait remarquer, M. Bjorkegren évalue très largement les dépenses d'installation du freinage électrique. La différence serait d'ailleurs un peu plus accentuée si le frein à solénoïde était substitué au frein à disques.

Il resterait à indiquer les dépenses d'installation des freins magnétiques. En raison du petit nombre de réseaux sur lequel ces freins sont utilisés, les renseignements manquent à ce sujet. Nous ne pouvons guère citer que le prix de 662fr,50 indiqué par les Tramways de Copenhague pour l'installation de freins à patins sur les voitures d'attelage.

B. **Dépenses d'entretien.** — Si les renseignements relatifs aux dépenses d'installation laissent à désirer, nous sommes encore plus mal servis pour ce qui concerne les dépenses d'entretien. La comptabilité des Compagnies exploitantes ne permet guère, en effet, d'indiquer les dépenses afférentes à l'entretien

des freins, ces dépenses étant généralement comprises dans celles de l'entretien des voitures. Le Tableau suivant, qui résume les réponses données par quelques Compagnies, montre, par la discordance des chiffres, le peu de confiance que l'on peut avoir dans l'évaluation de ces dépenses. On notera en particulier que, tandis que la Compagnie de l'Est-Parisien évalue à $0^{fr},055$ la dépense par voiture-kilomètre de ses freins à air (système Soulerin), la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine l'évalue à $0^{fr},00024$ seulement (système Westinghouse); la disproportion est de 200 à 1 environ; elle provient peut-être d'erreur dans le placement des virgules.

	FREIN A MAIN. — DÉPENSES		FREIN ÉLECTRIQUE. — DÉPENSES		FREIN A AIR. — DÉPENSES	
	par voiture.	par voit.-km.	par voiture.	par voit.-km.	par voiture.	par voit.-km.
	fr	c	fr	c	fr	c
Aix-la-Chapelle	62,50	0,17	"	"	"	"
Amsterdam	140	"	"	"	"	"
Bamberg	137,50	0,7	"	"	"	"
Berlin-Hohenschönhausen	100	0,2	25	0,15	"	"
Bielefeld	87,50	0,2	22,50	0,12	"	"
Bochum	40	0,12	"	"	"	"
Bologne	72,50	0,2	"	"	"	"
Bordeaux	160	0,325	"	"	"	"
Brême	92,50	0,2	"	"	"	"
Breslau	40	0,13	"	"	62,50	0,2
Breslau	17,80	0,06	67,50	0,19	"	"
Bruxelles	100	0,25	"	"	187	0,46
Colmar	30	0,10	"	"	0	0
Copenhague	150	0,25	"	"	"	"
Darmstadt	37,50	0,12	"	"	"	"
Munich	"	"	"	"	250	0,42
Paris et Département de la Seine	"	"	"	"	"	0,024
Paris (Est-Parisien)	400	1,1	"	"	200	5,5

Parmi les réponses des autres Compagnies nous signalerons uniquement la suivante, qui semble avoir été établie d'après des données sûres :

Berlin (*Grosse Berliner Strassenbahn*). — Dépenses annuelles d'entretien : (*a*) du frein électromagnétique et du frein à main, y compris le remplacement des blocs, par motrice, $87^{fr},50$ et, par remorque, $56^{fr},25$, soit $0^{fr},00215$ par motrice-kilomètre et $0^{fr},0025$ par remorque-kilomètre; (*b*) du frein à air et du frein à main, y compris le remplacement des blocs, par motrice, $187^{fr},50$ et, par remorque, $37^{fr},50$, soit $0^{fr},0044$ par motrice-kilomètre et $0^{fr},0011$ par remorque-kilomètre.

Les chiffres que nous venons d'indiquer se réfèrent exclusivement aux dépenses d'entretien du frein proprement dit; ils ne tiennent pas compte de la fatigue plus grande du moteur et des engrenages, fatigue qui, dans le frein à air, résulte d'une plus grande consommation de courant et, dans le frein électromagnétique, de la fatigue résultant de l'énergie produite elle-même et de ses conséquences. Les freins électromagnétiques nécessitent également un supplément d'entretien pour les régulateurs de marche.

Il ne nous est pas possible de chiffrer ce supplément de dépenses; mais nous croyons pouvoir avancer, d'une manière presque certaine, que ces dépenses supplémentaires n'entrent pas en ligne de compte pour les freins à air, et qu'au contraire elles sont relativement sensibles pour les freins électromagnétiques.

C. DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT. — Dans les freins à main en général, et dans les freins électriques utilisant le courant fourni par les moteurs fonctionnant comme générateurs, l'énergie nécessaire au freinage est évidemment gratuite. Aussi le questionnaire de l'Union internationale ne demandait que d'indiquer la consommation supplémentaire d'énergie nécessitée par la compression de l'air dans le freinage par l'air comprimé.

Nous donnons ci-dessous les réponses faites à cette question par quatre Compagnies :

BERLIN (*Grosse Berliner Strassenbahn*). — Il fut constaté une consommation de courant de 35 à 45 watts-heures par motrice-kilomètre pour les voitures à deux essieux et de 60 à 75 watts-heures pour les voitures à bogies. Afin d'obtenir la vitesse d'énergie nécessitée pour la compression de l'air, le compresseur fut complètement enlevé de la voiture lors des essais; de plus, comme il est demandé en *d*, les essais eurent lieu autant que possible dans les mêmes conditions atmosphériques.

4...

Nous procédâmes aux essais de la façon suivante : quatre ingénieurs furent chargés, indépendamment l'un de l'autre, de procéder à des mesurages de consommation de courant, sur une voiture à deux essieux et sur une voiture à bogies. Ces essais eurent lieu, comme le demande la question 13 : d'abord le compresseur étant monté sur la voiture, puis le compresseur enlevé, et ce chaque fois sur un même tronçon de ligne. La voiture s'arrêta aux points d'arrêts, lesquels sont en moyenne distants de 250^m à 300^m l'un de l'autre. L'état du rail était pour tous les essais le même. Chaque série d'essais comprenait au total environ 40 voyages aller et retour.

Ces essais donnèrent les résultats que nous indiquons plus loin.

Lors du Congrès de Londres en 1902, nous avions avancé que les freins à air réclamaient en service une consommation supplémentaire d'environ 15 à 20 watts-heures par motrice-kilomètre. Nous nous étions basés pour ces chiffres sur les résultats comparatifs obtenus au moyen d'une voiture équipée du frein à air et d'une voiture équipée du frein Sperry. Nous ignorions alors que le frein Sperry, lui aussi, comparé au frein à court-circuit et au frein à main, réclamait une consommation de courant sensiblement plus élevée. Cette consommation supplémentaire est d'environ 30 watts-heures,

Il s'ensuit donc que, comme l'ont d'ailleurs confirmé des essais récents, la consommation supplémentaire du frein à air en service normal, c'est-à-dire comprenant trois ou quatre arrêts par kilomètre, est, comparée à celle du frein à court-circuit ou du frein à main, de $30 + 15\,(20) = 45\,(50)$ watts-heures par motrice-kilomètre; de plus, que la consommation supplémentaire de courant du frein Sperry par rapport au frein à court-circuit ou par rapport au frein à main, était de 30 watts par motrice-kilomètre. Ce chiffre donné pour le frein Sperry se réfère à une voiture motrice équipée de deux freins à disques, que cette voiture soit à deux essieux ou à bogies. Lorsque la voiture comporte quatre freins à disques, la consommation supplémentaire est d'environ 45 à 50 watts-heures.

Les essais auxquels nous procédâmes en octobre 1903 au moyen de notre voiture d'essai (voiture à bogie, châssis à maximum), donnèrent les résultats suivants :

	Watts-heures par kilomètre.
a. Voiture motrice équipée exclusivement du frein à main; le compresseur d'air et les freins Sperry sont enlevés	490,8
b. Voiture motrice équipée exclusivement du frein électromagnétique	496,6
c. Voiture motrice équipée exclusivement du frein à air	499,0

Il ne fut pris, lors de ces essais, qu'un seul arrêt par kilomètre.

Ces chiffres, comparés aux résultats acquis plus tard, présentent des écarts assez importants; aussi nous décidâmes-nous à les contrôler par une nouvelle série d'essais. Ces essais eurent lieu le 23 juin 1905 sur la même ligne et dans les mêmes conditions qu'antérieurement. Ces essais donnèrent, pour la consommation moyenne de la voiture d'essais, les résultats suivants :

	Watts-heures par kilomètre
a. Pour le frein à main seul	496,2
b. Pour le frein électromagnétique seul	524,0
c. Pour le frein à air seul	531,5

Enfin une troisième série d'essais, toujours dans les mêmes conditions, donna les chiffres suivants :

	Watts heures par kilomètre
a. Pour le frein à main seul	463
b. Pour le frein électromagnétique seul	477
c. Pour le frein à air seul	500

La moyenne des essais du 23 juin 1905 et du 3 août 1905 donne donc, comparée au frein à main ou au frein à court-circuit, une consommation supplémentaire de 36,3 watts-heures pour le frein à air et de 22 watts-heures pour le frein Sperry.

Comme, pour ces essais, nous disposions d'une voiture d'essai munie de nombreux appareils de précision, et que d'ailleurs ces essais ont été faits avec le plus grand soin possible, les chiffres que nous venons de citer peuvent être regardés comme présentant le maximum de probabilité. Il y a cependant lieu de faire remarquer que, lors de ces essais, un seul arrêt fut pris par kilomètre. Or, comme en service normal il faut généralement admettre trois ou quatre arrêts par kilomètre, il s'ensuivra un surplus de consommation relativement sensible.

Bruxelles. — La dépense par voiture-kilomètre résultant du poids supplémentaire de la voiture motrice pour l'appareillage du frein se chiffre par $0^c,16$.

La dépense d'énergie résultant de la compression de l'air se chiffre par $0^c,28$ par motrice-kilomètre.

Montreux Oberland bernois. — L'ampérage absorbé par le moteur de la pompe à vide du frein à air Hardy est :

	Pour une tension de 750 volts.	de 1000 volts.
1re touche de résistance	4,5 amp.	4,5 amp.
2e » »	4,5 »	5,00 »
3e » » (position : frein complètement desserré)	4,75 »	5,25 »

La première position est celle de la marche normale.

Comme nos trains marchent à une vitesse moyenne de 22 km : h, il leur faut 2,7 minutes pour parcourir 1^{km}. Le travail absorbé pendant ce temps par le frein Hardy est donc de

$$2{,}7 \text{ minutes} \times \frac{4 + 4{,}5}{2}\text{ amp.} \times \frac{750 + 1000 \text{ volts}}{2}$$
$$= 10000 \text{ watts-minutes ou } 165 \text{ watts-heures par train-kilomètre.}$$

Sur la position du régulateur où le frein à vide est interrompu, c'est-à-dire où le moteur de la pompe Hardy ne reçoit plus de courant, mais où le frein électromagnétique est mis en fonction (quatre sabots connectés en parallèle), le courant absorbé est de 13 ampères à la tension de 750 volts et de 17 ampères à 1000 volts.

MUNICH. — Nous avons déjà, il y a quelques années, procédé à des essais dans le but de déterminer la consommation d'énergie de nos voitures. Ces essais ont montré que, sous certaines conditions, nos voitures roulant sur les mêmes lignes présentaient une moindre consommation de courant, lorsqu'elles étaient freinées par le frein à air que lorsqu'elles étaient freinées par le frein à main. Cette moindre consommation qui se faisait sentir sur des lignes parcourant des artères à charroi important et sur des lignes à profil accidenté, paraît au premier abord illogique: elle s'explique cependant facilement par le fait que le mécanicien d'une lourde voiture à bogie équipée seulement d'un frein à main, roule avec beaucoup plus de précaution, c'est-à-dire freine beaucoup plus souvent, que s'il a, à sa disposition, un frein à air.

Lorsque les voitures roulent sur des lignes en palier situées dans des artères moins fréquentées, la différence de consommatien d'énergie d'une voiture freinée alternativement par le frein à air et par le frein à main est peu importante. Dans les mêmes conditions de service que celles citées ci-dessus, la consommation d'énergie des voitures desservies par un frein à air sera d'autant plus grande que le poids de ces voitures sera moindre.

Afin de satisfaire aux prescriptions énoncées par la question 13 du présent questionnaire, nous avons, sur trois voitures à bogies à deux moteurs et sur deux voitures à deux essieux à un moteur, installé en série deux compteurs d'énergie de l'A. E. G. Nous avons fait desservir ces voitures sur la même ligne (Ringlinie = 7,2^{km}) pendant cinq jours par trois mécaniciens différents; dix voyages ont été effectués dans les mêmes conditions. Tous les coussinets étaient graissés à l'huile; les voitures étaient desservies d'une manière normale, c'est-à-dire l'arrêt était pris à chaque arrêt réglementaire; le temps était beau et le rail sec. Chaque voiture faisait un voyage sans compresseur et était freinée seulement par le frein à main. La pompe à air était installée pour le voyage suivant et le freinage s'obtenait alors par le frein à air. La pression dans les réservoirs d'air était de 2,6 atmosphères pour les voitures à bogies et de 2,0 atmosphères pour les voitures à deux essieux. Les voitures à bogies avaient reçu une charge de 2000^{kg} de sable et les voitures à deux essieux de 1500^{kg}. Les compteurs étaient étalonnés avant et après chaque essai; leur concordance était pour ainsi dire absolue.

Les résultats de ces essais sont résumés dans le Tableau suivant :

Numero de la voiture.	Nombre d'essieux.	Poids à vide.	Charge.	Consommation en watts-heures par kilomètre: Frein à main.	Frein à air.
		t	t		
280	4	10,8	2,0	571,6	577,9
254	4	10,8	2,0	566,7	525,7
276	4	10,8	2,0	491,6	498,4
4	2	6,6	1,5	382,4	437,0
9	2	6,6	1,5	457,5	498,0

La réponse fournie par la Compagnie des tramways de Munich indique que la combinaison d'énergie motrice totale est plus faible lorsqu'on fait usage du frein à air comprimé, que lorsqu'on fait uniquement usage du frein à main; le frein à air donnerait donc lieu à une économie d'énergie. Ce fait paradoxal, sur lequel M. Bjorkegren insiste dans son Rapport, ne peut guère être expliqué; en tout cas il n'a jamais été constaté dans d'autres exploitations, et il semble bien démontré, principalement par les essais des tramways de Berlin, que l'emploi du freinage par l'air comprimé entraîne un supplément de dépense d'énergie qui n'est pas négligeable. Dans ses rapports, M. Scholtes adopte 40 watts-heures, puis 38 watts-heures pour le supplément de consommation par kilomètre-voiture et trouve qu'il conduirait à une dépense annuelle de 274550^{fr} ou 261790^{fr} pour la Grande Compagnie des Tramways de Berlin, dans l'hypothèse où toutes les voitures de cette compagnie seraient équipées avec le frein à air; c'est là, comme on le voit, un supplément de dépenses qui est à considérer.

V. — INFLUENCE DU SYSTÈME DE FREINAGE SUR L'USURE DU MATÉRIEL.

Un premier point acquis, par l'enquête de l'Union internationale, est que le système de freinage n'a aucune influence sur l'usure ou la déformation des roues motrices.

Dans le cas du freinage électrique avec utilisation du courant fourni par les moteurs, il y a lieu de se préoccuper de la répercussion que peut avoir le fonctionnement des freins sur le moteur, son collecteur et les engrenages. La question 16 du questionnaire de l'Union demandait des renseignements sur ce sujet.

Comme nous le disions plus haut, les réponses sont contradictoires, les unes accusant des dommages fréquents aux moteurs, les autres disant n'avoir jamais constaté aucun dommage. Le lecteur pourra d'ailleurs juger de l'importance de ces contradictions par les réponses suivantes choisies parmi les plus typiques.

AMSTERDAM. — Le freinage à court-circuit ne nous a jamais causé aucun dommage direct ou indirect.

BARCELONE A SAN-ANDRES. — Le freinage électrique a été la cause de réparations assez nombreuses aux moteurs. Dans ce cas, les moteurs sont parfois surchauffés et leurs isolants sont rapidement détruits. Par le freinage électrique, l'usure des engrenages est d'environ 10 pour 100 supérieure à celle produite en employant le freinage à main.

BARMEN [1]. — *a*. Jusqu'ici pas encore, pourvu que l'échelonnage des résistances de freinage soit bien compris; chaque lamelle du conducteur doit, de plus, présenter un bon isolement; — *b*. Non; — *c*. Non.

[1] Les indications *a*, *b*, *c*, correspondent aux trois parties de la question, qui sont posées comme suit :

16. *a*. Le freinage électrique a-t-il été la cause de répara-

BALE. — *a.* Non, — *b.* L'usure exagérée ne peut être déterminée, car toutes les voitures sont freinées électriquement dans les descentes et en cas d'urgence; — *c.* Non.

BERLIN (*Grosse Berliner Strassenbahn*). — Nous avons enregistré de nombreuses avaries, occasionnées entre autres par le bris de l'axe des disques, du support des moteurs, etc.; de plus nous avons constaté des perturbations de courant par suite de courts-circuits dans les disques électromagnétiques, les boîtes de connexions du frein, les câbles, etc. Nous n'avons pas remarqué une fatigue trop grande des moteurs et des roues dentées; les moteurs présentaient cependant une usure assez importante à l'induit et au collecteur.

BERLIN-HOHENSCHÖNHAUSEN. — *a.* Nous avons eu quelques cas d'avaries aux voitures motrices par suite de l'emploi du frein électrique; — *b.* Comme toutes nos voitures motrices sont freinées électriquement, il ne nous est pas possible d'établir l'usure des collecteurs qui serait due à l'emploi du frein électrique; — *c.* Dans quelques cas particuliers, notamment lorsqu'il nous a fallu freiner brusquement par suite d'un obstacle se présentant sur la voie, nous avons endommagé nos moteurs. Dans les commencements de notre exploitation, nous avons employé des roues dentées en fonte; le freinage électrique occasionna de nombreux bris de dents. Ces bris ont cessé dès que nous avons remplacé les roues dentées en fonte par des roues dentées en acier coulé.

BIELEFELD. — La première touche seulement du frein à court-circuit est, en service, utilisée pour le freinage; toutes les autres touches sont plombées et ne peuvent être utilisées qu'en cas de danger seulement. Notre manière de desservir le frein à court-circuit ne nous a pas fait constater de fatigue aux organes de l'équipement électrique.

BRESLAU. — *a.* Il arrive quelquefois, rarement cependant, que les voitures motrices doivent être retirées du service par suite d'une avarie au frein électrique; — *b.* L'usure des collecteurs est naturellement plus grande, sans cependant être importante; — *c.* Nous constatons également une fatigue des moteurs, lorsque les freins sont brusquement et fortement serrés; cette fatigue n'est cependant pas très importante; il en est de même des engrenages, mais là aussi la fatigue est très minime. — Il ne nous a pas été possible de faire des essais de comparaison, car nos voitures sont exclusivement équipées du frein électrique.

CASSEL. — *a.* Non; — *b.* Impossible de répondre, ne possédant que le frein à court-circuit; — *c.* Non.

COLOGNE. — *a, b, c.* Non.

COPENHAGUE. — Les collecteurs ont donné lieu à un nombre relativement important de réparations; nous en attribuons la cause plutôt à la circonstance que nous passions les isolateurs de section sous courant et que les moteurs GE 52 possèdent sur l'inducteur une bague de serrage en cuivre qui agissait alors comme enroulement en court-circuit. Cette bague de serrage est aujourd'hui enlevée.

La durée de service de nos roues dentées est normale : en moyenne, pour les pignons, 80000^{km}, et pour les grandes roues, 230000^{km}.

Afin d'obtenir des résultats précis sur l'échauffement des moteurs, du chef du freinage électrique, nous avons, en 1905, procédé à des essais qui nous ont donné les résultats suivants : nous essayâmes d'abord de mesurer l'échauffement par des mesures thermométriques et ce, au moyen d'un thermomètre placé à l'intérieur du moteur, ou au moyen d'un thermomètre enfoncé dans le moteur en traversant le couvercle du collecteur. Toutes ces mesures nous donnèrent cependant de si basses températures que nous dûmes reconnaître le peu de valeur de notre méthode. Nous essayâmes ensuite de forer un petit trou dans l'inducteur, de remplir celui-ci de mercure et d'y enfoncer un thermomètre; cet essai ne fut pas plus heureux.

Afin d'arriver à de meilleurs résultats, nous nous décidâmes à déterminer l'échauffement par la mesure des résistances et ce, de deux façons différentes : d'abord, en noyant dans l'enroulement de l'inducteur une spire subsidiaire formée d'un fil de cuivre de petit diamètre et dont la résistance était d'environ 100 ohms; l'augmentation de résistance de cette spire subsidiaire était mesurée et l'élévation de température s'en déduisait par le calcul. Nous mesurâmes ensuite l'augmentation de résistance des enroulements de l'inducteur et en déduisîmes la température par le calcul. La première méthode fut également employée pour l'induit.

Ces méthodes nous permirent de déterminer la plus haute température atteinte par l'inducteur et par l'induit, de même aussi leur température moyenne. Nous ferons remarquer que toutes ces mesures étaient prises sur les voitures en service : les lectures étaient faites chaque fois aux points terminus des lignes et duraient toute la journée. Afin d'obtenir des résultats aussi précis que possible, les essais furent continués pendant plusieurs semaines sur différentes lignes.

Comme le montrent les diagrammes de la page 113, les moteurs D 14/20 s'échauffaient très fortement (inducteur : environ 135° C., et induit : environ 106° C., après 9 heures), alors que l'échauffement des moteurs GE 52 était moindre (inducteur : environ 107° C., et induit : environ 86° C., après 11 heures).

Dans le but de réduire l'échauffement des moteurs D 14/20, nous équipâmes, à titre d'essai, une voiture motrice d'un frein à solénoïde, type S 4, agissant sur les blocs du frein à main; nous parvînmes ainsi à réduire l'échauffement de ce moteur jusqu'à peu près dans les limites de l'échauffement des moteurs GE 52. Nous n'avons pas cessé nos essais et cherchons à réduire encore davantage l'échauffement des moteurs, soit en augmentant la puissance de l'inducteur et de l'induit par des enroulements à section carrée, soit encore en introduisant le frein à patins Westinghouse.

Nous ajouterons encore que, par suite des hautes

tions aux voitures motrices ou de la mise hors service de ces dernières?

b. L'usure des collecteurs est-elle beaucoup plus importante lorsque les voitures sont freinées électriquement?

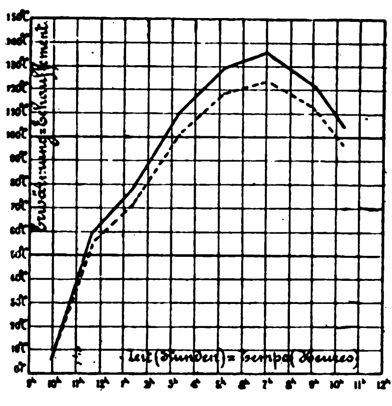
c. Avez-vous constaté une fatigue trop grande par suite d'échauffement, d'usure, etc., des moteurs, roues dentées, ou autres organes?

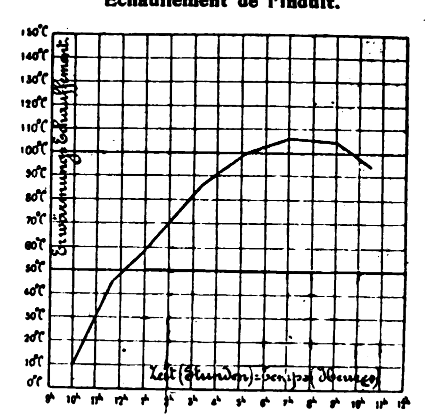


Echauffement relevé sur l'inducteur et l'induit des moteurs d'une voiture à deux essieux tarant 9450 kg.

1° Voiture à deux moteurs D 14/20; équipement normal sans frein à solénoïde.

Echauffement de l'Inducteur. **Echauffement de l'Induit.**

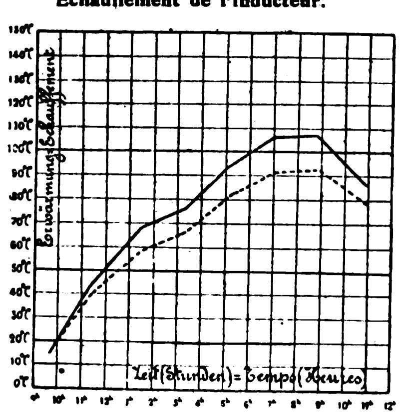


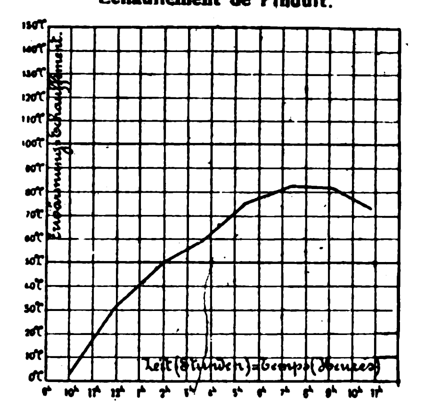


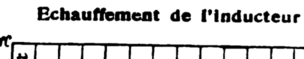
—— Echauffement relevé dans un enroulement subsidiaire.
- - - - Echauffement relevé directement.

2° Voiture à deux moteurs GE 52; équipement normal sans frein à solénoïde.

Echauffement de l'Inducteur. **Echauffement de l'Induit.**

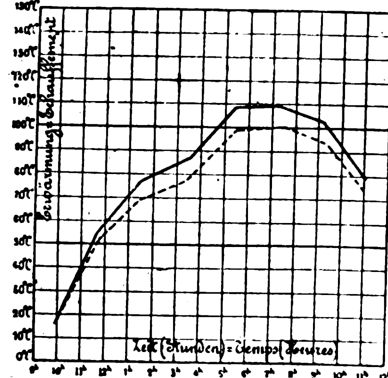


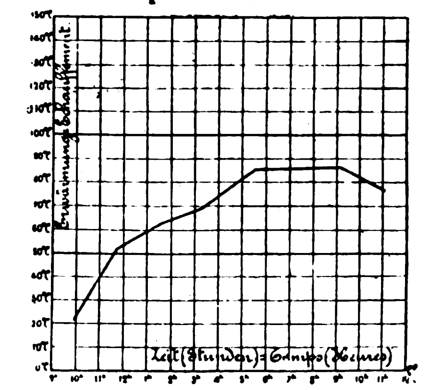




3° Voiture à deux moteurs D 14/20, équipement avec frein à solénoïde.

Echauffement de l'Inducteur **Echauffement de l'Induit.**





—— Echauffement relevé dans un enroulement subsidiaire
- - - - Echauffement relevé directement



températures auxquelles ils étaient soumis, les enroulements des moteurs D 14/20 perdaient peu à peu leur isolation et devaient être remplacés; il y a cependant lieu de faire remarquer que, malgré la carbonisation de l'isolation, les enroulements furent, pendant 4 années et demie, soit sur environ 270000^{km}, soumis à un très fort service.

Dresde. — *a*. Nos voitures motrices n'ont subi aucune avarie due à l'application du freinage électrique; — *b*. Nous n'avons, non plus, pu constater une usure plus importante des collecteurs, car la totalité de nos voitures sont freinées par le frein à court-circuit; d'autre part, les voitures munies de freins à solénoïde sont depuis trop peu de temps en service pour que nous puissions nous prononcer sur la question; — *c*. Nous n'avons pas constaté de fatigue trop grande des moteurs et des roues dentées du chef du frein à court-circuit; quoi qu'il en soit, il est certain que dans notre exploitation, où le frein à court-circuit est utilisé comme frein de service, les moteurs et les engrenages se fatiguent davantage que lorsque les freins restent indépendants des moteurs, par exemple lorsque le freinage est obtenu par frein à solénoïde.

Lyon. — Le freinage électrique avec freins Sperry, est une cause de destruction rapide des collecteurs lorsqu'on en fait usage constamment. Cette usure est due à l'intensité exagérée au début de l'action du freinage, lorsque le wattman passe brusquement aux crans de moindre résistance. Sur notre réseau, le frein électrique est réservé aux cas urgents ou aux descentes de grande longueur. Sur les lignes présentant ces déclivités l'usure est plus considérable que sur celles de niveau.

Il est fréquent que, dans les arrêts brusques par freinage électrique, un des moteurs soit détérioré ou une dent d'engrenage brisée; mais en limitant, comme nous le faisons, l'emploi du frein électrique, on diminue suffisamment ces causes de détérioration accidentelle, pour que nous considérions le freinage électrique comme absolument satisfaisant.

Vienne. — Nous n'avons constaté que de très rares avaries à l'équipement des voitures motrices, par suite du freinage électrique. Nous devons faire remarquer que nous avons donné à nos moteurs une grande puissance, par suite des pentes assez fortes de certaines lignes et du fait que nous utilisons le frein à court-circuit comme frein de service.

L'usure du collecteur est certainement un peu plus importante sur les voitures freinées électriquement que sur celles qui ne le sont pas. Dans ce dernier cas il n'est pas nécessaire que le collecteur soit poli, et une couche déjà importante de poussière de charbon est à peine nuisible pour le moteur et pour sa marche; on peut dès lors se contenter de ne nettoyer les collecteurs qu'à des intervalles de temps pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines.

Mais, lorsque le frein à court-circuit est utilisé comme frein de service, le nettoyage du collecteur devient nécessaire presque journellement, le nettoyage par chiffons suffit. Cependant, le collecteur ne doit présenter aucune saillie de l'isolation au mica et doit, en conséquence, être frotté environ tous les quinze jours au papier de verre.

Ces différents nettoyages, qui, s'ils ne disparaissent pas complètement, sont tout au moins exécutés beaucoup plus rarement lorsque le frein électrique n'est pas utilisé comme frein de service, occasionnent naturellement une usure plus rapide des collecteurs. Il est également hors de doute que le courant de freinage, qui, dans le cas d'un freinage électrique comme freinage normal, réclame du moteur un surcroît de travail, fatigue également le collecteur, surtout par suite de son intensité toujours très grande, quoique de courte durée. C'est certainement pour ce motif que les collecteurs demandent à être nettoyés et égalisés plus souvent.

Quoi qu'il en soit, nous tenons à faire remarquer que nous n'attachons pas à cet état de choses une trop grande importance, car nous avons donné à nos collecteurs une épaisseur utile de 25^{mm}, ce qui, à en juger par l'usure constatée jusqu'à présent, leur donnera une durée de service d'environ sept années. Dans les premiers temps cependant, croyant que l'emploi du frein électrique comme frein de service l'exigeait, nous frottions même journellement nos collecteurs au papier de sable; nous avons reconnu dans la suite qu'un tel nettoyage journalier au papier de sable n'était plus nécessaire dès qu'il était fait emploi de charbons de bonne qualité et que le collecteur était maintenu propre et était légèrement graissé. Aussi croyons-nous que nous pouvons prévoir pour nos collecteurs une durée de service supérieure à sept années.

Nous n'avons pas constaté une fatigue exceptionnelle des moteurs, engrenages et autres organes de l'équipement des voitures motrices, du fait du freinage électrique; nous devons cependant faire remarquer que nous avons intentionnellement choisi des moteurs très puissants.

Nous avons procédé dernièrement à des essais sur différents types de moteurs, présentant des vitesses variables, dans le but de juger de leur valeur au point de vue des exigences de service réclamées par notre exploitation; à cette occasion nous avons cherché à déterminer quelle était la fatigue supplémentaire du moteur par suite d'un freinage de service par frein électrique. Ces essais furent faits en service; les voitures étaient freinées à chaque arrêt, et nous nous sommes rapprochés autant que possible des autres conditions du service. Les intensités de courant réclamées par le moteur étaient inscrites par un ampèremètre enregistreur sur un diagramme donnant, à côté des différentes charges en ampères (i), la durée de celles-ci (t). La durée totale pendant laquelle le moteur restait en service (T), permettait de déterminer l'intensité moyenne (i_1) d'après la formule $i_1 = \sqrt{\frac{\Sigma i^2 t}{T}}$.

Les intensités de courant nécessitées par le freinage étaient enregistrées séparément, de sorte que, dans la détermination de l'intensité moyenne i_1, il pourrait être, ou non, tenu compte du freinage électrique. Les différents essais auxquels nous procédâmes sur plusieurs lignes donnèrent les résultats suivants :



Train composé d'une voiture motrice et de deux voitures d'attelage.

Intensité moyenne i_1 en ampères	
non compris le courant de freinage.	y compris le courant de freinage.
21,0	24,0
24,7	29,9
21,8	26,6
21,0	24,76
24,0	28,0
21,0	26,0

Train composé d'une voiture motrice d'attelage.

23,0	27,0
25,2	27,8
23,5	25,6

Il résulte donc des chiffres précédents que, dans le cas d'un freinage électrique, l'intensité de courant à laquelle le moteur est soumis est d'environ 20 pour 100 plus élevée que lorsqu'il n'est pas freiné électriquement. Cette considération doit naturellement être rappelée lorsqu'il est fait choix d'un moteur.

L'influence de la tension sur la charge du moteur est d'une importance minime; aussi n'en avons-nous pas tenu compte dans nos calculs.

VI. — CONCLUSIONS.

Toutes les conclusions qu'il est possible de tirer des documents que nous venons d'examiner se trouvent énoncées dans les Rapports de MM. Scholtes, Bjorkegren et Petit. La valeur technique des rapporteurs, et le fait que l'un est partisan du frein électrique, les autres, partisans du frein pneumatique, sont de sûrs garants que toutes les faces de la question se trouvent examinées dans ces Rapports. Nous avons pensé qu'au lieu d'en donner un résumé dans ce paragraphe, le lecteur préférerait lire ces Rapports eux-mêmes. Nous les donnons ci-dessous.

T. PAUSERT.

Avantages et inconvénients des divers systèmes de freins mécaniques, par SCHOLTES, directeur des tramways de Nuremberg-Furth (Rapport présenté à la 10e Assemblée générale, tenue à Francfort, en septembre 1905, de l'Association allemande de tramways et de chemins de fer d'intérêt local). — L'étude que nous présentons aujourd'hui s'appuie sur les réponses fournies par 95 exploitations. Lors de l'Assemblée de 1900, 63 exploitations seulement avaient répondu au questionnaire.

Nous ferons tout d'abord remarquer que la totalité des réponses n'ont pu être prises en considération : certaines exploitations, en effet, comprennent le frein à main dans la catégorie des freins mécaniques; d'autres mentionnent l'emploi du frein électrique comme frein de service, mais en ajoutant cependant que le freinage électrique n'est réservé qu'aux cas urgents! De telles confusions et contradictions rendent naturellement notre rapport difficile et ne nous permettent pas d'étudier séparément les différents systèmes de freins.

A côté des exploitations utilisant le frein à air, ne peuvent, à notre avis, être considérées comme exploitations employant un frein mécanique, que les seules exploitations utilisant sur la totalité ou sur une partie de leurs voitures le frein électrique comme frein de service, et non exceptionnellement comme frein de secours, que ce frein électrique soit un frein électrique à court-circuit ou un frein électromagnétique.

Dans la grande majorité des cas, l'installation des freins mécaniques fait partie du premier équipement de la voiture. Dans 14 cas, les freins mécaniques ont été imposés par les autorités, et ce généralement sur l'avis de l'exploitation considérée.

Les réponses données par le chemin de fer suspendu de Barmen-Elberfeld, du chemin de fer d'intérêt local de Mansfeld et de Dusseldorf-Crefeld, du Métropolitain de Berlin, n'ont pu être prises en considération, ces entreprises ne pouvant être considérées comme des entreprises de tramways.

D'une façon générale, il résulte des réponses qui nous sont parvenues qu'aucune exploitation ne mentionne un système de frein comme n'ayant pas donné satisfaction. A quelques exceptions près, toutes les exploitations déclarent vouloir conserver leur système de frein dans le cas de commandes ultérieures.

Afin de procéder à une étude critique des différents systèmes de freins, il nous semble utile de mentionner le nombre d'exploitations utilisant l'un ou l'autre frein. Cette répartition est indiquée dans le Tableau suivant :

SYSTÈME de freins.	NOMBRE DES VOITURES RÉPARTIES SUIVANT LEUR TARE EN TONNES.									NOMBRE DES VOITURES.		NOMBRE DES EXPLOITATIONS.	
	de 5 à 6 tonnes.	de 6 à 7 tonnes.	de 7 à 8 tonnes.	de 8 à 9 tonnes.	de 9 à 10 tonnes.	de 10 à 11 tonnes.	de 11 à 12 tonnes.	de 12 à 13 tonnes.	de 13 à 16 tonnes.	Au total.	En pour 100.	Au total.	En pour 100.
Frein à main......	201	431	812	296	520	4	3	47	7	2316	31	46	49
» électrique ...	7	360	773	1510	626	103	103	181	10	3673	49	45	47
» à air........	21	286	270	175	313	24	432	1	»	1512	20	4	4
Total............										7501	100	95	100

Il résulte de ce Tableau, que le frein électrique est le plus employé, puis vient le frein à main et ensuite le frein à air.

Le frein à main est surtout employé pour les voitures d'un poids léger et dans les exploitations de moindre importance, ce qui, d'ailleurs, paraît naturel. Ces exploitations mentionnent que le frein à main leur suffit et qu'elles ne se voient, en conséquence, pas dans la nécessité d'utiliser en service un freinage mécanique; en cas d'urgence, elles freinent par le frein électrique. Cette manière de faire semble rationnelle, si, bien entendu, l'exploitation ne comporte que des voitures d'un poids peu élevé, que le terrain n'est pas trop accidenté et que les voitures ne roulent pas à une vitesse trop grande; il est cependant nécessaire, dans ce cas, qu'une revision suffisante soit faite des organes électriques de l'équipement, afin de pouvoir compter sur le bon fonctionnement du frein en cas de danger. Cette revision a naturellement une grande importance, car, en général, le frein de secours n'est utilisé qu'exceptionnellement.

Lorsque, comme le montre d'ailleurs le Tableau ci-dessus, le matériel roulant comporte des voitures d'une tare supérieure à 12 tonnes, et lorsque le profil en long des lignes présente des pentes pouvant aller jusqu'à 10 pour 100, l'emploi du seul frein à main ne semble plus si bien se comprendre. Il est évident que, dans ce cas, l'effort musculaire réclamé du mécanicien est trop considérable, et que, dans certaines circonstances, la sécurité du service peut se ressentir de la fatigue du wattman.

Vingt exploitations prétendent dans leurs réponses que le freinage électrique fatigue trop les moteurs, occasionne une usure rapide des engrenages, que les résistances sont soumises à un échauffement exagéré et s'endommagent, et que des avaries se montrent aux régulateurs de marche. Ces considérations montrent simplement, à notre avis, que l'équipement électrique de ces exploitations n'est pas approprié au freinage électrique. A l'encontre de ces considérations, nous pourrions citer les exploitations qui, grâce à un choix judicieux et aux dimensions des différents organes de leur équipement, n'ont pas rencontré les inconvénients qui viennent d'être signalés.

Certains reprochent au frein électrique l'inconvénient de freiner par à-coups; on peut leur répondre qu'il est très probable que cet inconvénient résulte d'une mauvaise graduation des résistances de freinage, ou bien encore d'une mauvaise façon de desservir le frein; ce dernier point produit d'ailleurs des à-coups dans le freinage, quel que soit le système de frein employé.

Onze exploitations seulement ont procédé à des essais de freinage. Ce petit nombre s'explique facilement par la circonstance que les expériences de freinage, pour donner des résultats exacts et irrécusables, réclament de nombreuses mesures de grande précision.

Dans les essais auxquels ont procédé ces onze exploitations, les voitures furent freinées électriquement; les résultats obtenus se rapprochent sensiblement de ceux indiqués dans le rapport présenté par M. Poetz à l'Assemblée de Wiesbaden, en 1900, et qui résultaient de toute une série d'essais très exacts.

Il résulte de ces essais que, de tous les systèmes de freins, le frein électrique donne le freinage le plus énergique.

Outre les dépenses de première installation et les dépenses d'entretien plus élevées, le frein à air présente plusieurs autres inconvénients : le non-fonctionnement en temps de gelée; un réglage souvent répété des sabots et un manque d'étanchéité des conduites. Ces inconvénients se produiraient, paraît-il, surtout au commencement de la mise en service de ce frein à air. Il est hors de doute que les nombreux organes mécaniques du frein à main sont soumis à une usure plus rapide, et réclament, par suite de leur complication, une surveillance active faite par des hommes de métier. La pression de l'air appuie d'ailleurs fortement et subitement les sabots sur les bandages et occasionne ainsi une usure plus rapide. Il résulte donc de ce qui précède que le frein à air est, de tous les systèmes, le plus onéreux.

Un autre facteur important en défaveur du frein à air doit encore être pris en considération, c'est la dépense d'énergie nécessaire à la compression de l'air: cette compression d'air est obtenue exclusivement par l'intermédiaire d'un excentrique ou d'une roue dentée mise en action par le mouvement même de la voiture. Cette méthode présente, sur celle consistant à comprimer l'air au moyen d'un moteur spécial, l'avantage de pouvoir utiliser au freinage de la voiture dans les descentes l'énergie superflue; par contre, elle présente l'inconvénient du manque possible de disponibilité de la source d'énergie.

Bien que le questionnaire adressé aux membres de l'Association attachait une grande importance à la recherche de la dépense d'énergie nécessitée par l'emploi du frein à air, ce point n'a été élucidé, au moyen d'essais de quelque valeur, que par la grande Compagnie des tramways de Berlin, la grande Compagnie des tramways de Leipzig et par les tramways de Nuremberg-Fürth.

La consommation supplémentaire d'énergie nécessaire pour la compression de l'air est estimée par Berlin à 40 watts-heures pour des motrices à 2 essieux tarant entre 8 et 9 tonnes et à 67,5 watts-heures pour les voitures à 4 essieux tarant entre 12 et 13 tonnes; par Leipzig, à 40 watts-heures pour les voitures à 2 essieux tarant de 7 à 8 tonnes, et enfin par Nuremberg à 31,5 watts-heures pour les voitures à 4 essieux tarant de 11 à 12 tonnes.

La moindre valeur indiquée par Nuremberg résulte non seulement du fait que les voitures sont moins lourdes, mais aussi de ce que le réseau de Nuremberg présente plus de déclivités que le réseau de Berlin.

La consommation supplémentaire d'énergie nécessitée par la compression de l'air s'établit, pour les exploitations utilisant le frein à air, comme l'indique le Tableau ci-dessous.

Ce Tableau suppose que, dans ces exploitations, la totalité des voitures motrices est équipée du frein à air, que le supplément d'énergie est la moyenne des valeurs indiquées ci-dessus, soit 40 watts-heures, et enfin que le prix du kilowatt-heure est de 10 pfennigs. Ce Tableau ne tient pas compte de la remorque éventuelle des voitures d'attelage.

Exploitations.	Motrices-km parcourues en 1904.	Supplément annuel réclamé pour la compression de l'air. en kilowatts-heures.	en marks.
Grande Société des tramways de Berlin.......	55 110 000	2 204 400	220 440
Grande Société des tramways de Leipzig........	12 622 000	504 880	50 488
Tramways de Hanovre...	9 004 000	361 800	36 180
Tramways de Munich....	8 004 000	320 160	32 016
Tramways de Nuremberg-Fürth................	5 094 000	203 760	20 376
Tramways de Crefeld.....	2 265 000	90 600	9 060

Le Tableau suivant donne quelques indications relatives aux dépenses de première installation et aux dépenses d'entretien des différents systèmes de freins; les valeurs indiquées dans ce Tableau représentent la moyenne des chiffres indiqués par les différentes exploitations dans leurs réponses au questionnaire.

Système de frein.	Dépenses de première installation: par voiture motrice.	par voiture d'attelage.	Dépenses annuelles d'entretien: par voiture motrice.	par voiture kilomètre.
Frein à main....	Sont compris dans le prix total de la voiture.		marks 87,80	pfennig 0,21
Frein électrique..	marks 290	marks 375	52	0,14
Frein à air.......	1200	190	206 (¹)	0,33 (¹)

Comme le montre ce Tableau, non seulement les dépenses de première installation du frein électrique sont beaucoup plus réduites que celles du frein à air, mais aussi les dépenses d'entretien sont beaucoup plus réduites que celles du frein à main ou à air. Cet écart assez sensible dans les dépenses d'entretien en faveur du frein électrique résulte du fait que l'usure des sabots est très minime, car, dans le freinage électrique, le frein à main n'est utilisé que pour mettre à l'arrêt la voiture déjà freinée préalablement par le frein électrique.

Lorsque le frein électrique est utilisé comme frein de service, et non comme frein de secours, l'équipement des voitures motrices réclame seulement, comme dépenses supplémentaires, l'installation d'un régulateur de marche plus important, comportant en outre une plus grande graduation des résistances du freinage. D'après les réponses faites au questionnaire, cette dépense supplémentaire serait en moyenne de 290 marks par voiture-motrice. Par contre, l'installation du freinage électrique sur les voitures d'attelage est plus élevée; elle varie suivant le système employé, mais est en moyenne de 375 marks par voiture d'attelage.

Les réponses faites au questionnaire montrent que, dans les premières années de la traction électrique, les voitures d'attelage étaient en majorité équipées du frein à disques, mais que, dans ces dernières années, la préférence a été accordée au frein à solénoïde.

La valeur de 1200 marks donnée pour la dépense de première installation du frein à air est une moyenne des prix demandés pour les modèles anciens et récents et pour les différents systèmes. Pour les anciens modèles le prix d'achat s'élevait jusqu'à 1570 marks; pour les nouveaux modèles il n'est plus que de 950 marks.

La dépense de première installation du frein à air sur les voitures d'attelage est mentionnée comme étant de 190 marks. Les renseignements qui nous sont parvenus n'indiquent pas si, pour ce prix, le frein agit automatiquement dans le cas de bris d'attelage.

Les systèmes de frein à air le plus employés sont ceux de la maison Böcker et de la Air Brake Standard Company. Ces systèmes sont notamment appliqués sur la totalité des voitures des tramways municipaux de Breslau, de la grande Compagnie des tramways de Leipzig et des tramways de Munich.

La grande Compagnie de tramways de Berlin, les tramways de Crefeld et les tramways de Nuremberg n'ont qu'une partie seulement de leurs voitures, équipées du frein à air; les autres voitures possèdent le frein électrique et le frein à main.

Les tramways de Hanovre emploient sur leurs voitures le frein à air Carpenter-Schultz.

La grande Compagnie des tramways de Leipzig demande dans sa réponse faite au questionnaire que, dans les dépenses comparatives d'entretien du frein électrique par rapport an frein à air, il soit également tenu compte des dépenses d'entretien nécessitées par l'induit, les coussinets, les collecteurs et les roues dentées. Cette observation est très justifiée; malheureusement les données nous manquent pour pouvoir élucider ce point. Ces dépenses s'élevaient à Leipzig à 63 marks par voiture et par an; à Nuremberg, elles sont moindres.

L'expérience acquise dans ces dernières années au sujet des différents systèmes de freins conduit, sous de nombreux points de vue, au même résultat et semble être aujourd'hui suffisante pour pouvoir en déduire une conclusion rationnelle. Les données qui ont été recueillies par le questionnaire confirment d'ailleurs complètement notre sentiment au sujet de cette question et nous croyons en conséquence pouvoir maintenir les conclusions que nous avions proposées lors du Congrès de Vienne, à savoir :

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service doivent être prises en considération : l'application de chacun des trois systèmes : frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le freinage doit pouvoir s'opérer sans à-coups. L'équipement de la voiture doit comporter deux systèmes de frein complètement indépendants l'un de l'autre. Le frein de service doit être tel qu'il n'occasionnera jamais de fatigue au wattmann.

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage, ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne pourrait plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique.

» 3° Si l'emploi du frein électrique, comme frein de

(¹) Il faut encore ajouter à ce chiffre la dépense supplémentaire pour la compression de l'air, soit 0,4 pfennig par motrice-km.

service, présentait certains inconvénients résultant, par exemple, du choix d'un type de moteur trop faible, d'une graduation trop large des résistances de démarrages, dans ce cas, il sera avantageux d'employer un frein à air comprimé; l'emploi de ce dernier système deviendra d'ailleurs indispensable lorsque les voitures sont assez lourdes, qu'elles roulent à une grande vitesse, ou encore lorsque les trains comportent plus de deux voitures d'attelage. »

Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques, par BJÖRKEGREN, ingénieur en chef de la Grande Compagnie de tramways de Berlin. (Rapport contradictoire, présenté à l'Association allemande.) — Avant de passer à l'étude de la question, nous tenons à faire remarquer que la discussion d'un sujet d'une telle importance doit, à notre avis, être étudiée sans parti pris aucun; nous n'avons pas à nous préoccuper ici des suites économiques ou autres que pourrait avoir notre étude pour l'une ou l'autre exploitation; en d'autres termes, il importe que la question soit traitée au point de vue scientifique seulement.

La science de l'ingénieur moderne ne consiste plus aujourd'hui à créer un mécanisme bien compris dans tous ses détails; l'ingénieur moderne doit être également commerçant, c'est-à-dire il doit s'assurer que les avantages de la machine qu'il crée soient en rapport avec les différentes dépenses que l'application de son invention occasionne. Seule, cette considération est aujourd'hui prédominante pour l'achat ou le non achat d'une machine.

C'est sous ce point de vue également que tout exploitant de tramway doit envisager la question des freins. Il doit mettre, dans les deux plateaux de la balance, d'un côté, le sécurité du service qui réclame l'adoption d'un bon système de frein; de l'autre, les dépenses de premier établissement et les dépenses d'entretien que l'adoption de ce frein nécessite.

Aucun de ces deux points de vue ne peut être pris en considération séparément; leur étude combinée peut seule nous conduire à une conclusion rationnelle; la sécurité du service doit néanmoins rester toujours le facteur prédominant.

Il nous semble que, dans son étude, M. Scholtes a donné une trop grande importance à la question *dépenses,* il est arrivé à des conclusions auxquelles nous ne pouvons complètement nous rallier.

Nous partageons complètement l'avis de M. Scholtes au sujet de ses restrictions sur l'emploi du frein à main comme frein de service. Pour les réseaux ne remorquant pas de voitures d'attelage, dont les lignes ne présentent que de faibles pentes et dont les voitures ne roulent qu'à une vitesse modérée, c'est-à-dire pour les réseaux dont les conditions d'exploitation ne s'écartent pas sensiblement d'une exploitation par traction animale, pour cette catégorie de réseaux, l'emploi du seul frein à main, comme frein de service, nous semble rationnel; le frein à court-circuit ou même un frein à contre-courant leur suffit comme frein de secours.

De même nous approuvons M. Scholtes lorsque celui-ci estime que l'emploi du seul frein à main comme frein de service est insuffisant dans tous les autres cas, et qu'il est nécessaire d'adopter un frein mécanique, à moins que le frein à main des voitures d'attelage soit desservi par un serre-frein spécial. Le frein mécanique doit alors, et chaque fois que la voiture motrice remorque une voiture d'attelage, être utilisé comme frein de service, afin que, lors d'un freinage urgent, le mécanicien de la voiture soit toujours assuré de son bon fonctionnement. Il est hors de doute qu'en cas de danger le mécanicien desservira d'une façon plus rapide et plus rationnelle le frein qu'en temps normal il a l'habitude d'utiliser. En outre, le bon fonctionnement d'un frein mécanique, non utilisé comme frein de service, restera toujours aléatoire, car il ne sera alors pas soumis à une surveillance suffisante.

Lorsque le frein mécanique est utilisé comme frein de service, le frein à main sera employé comme frein de réserve; il agira d'ailleurs comme frein complémentaire dans le cas d'un freinage électrique de service, et son bon fonctionnement sera dès lors constamment surveillé.

Les freins mécaniques employés généralement comme freins de service comportent deux catégories : les freins à air et les freins électriques. Auquel des deux systèmes convient-il de donner la préférence? C'est là le pivot autour duquel a tourné toute la discussion lors du Congrès de Vienne; c'est là aussi le facteur le plus important qui doit être élucidé par nos discussions d'aujourd'hui.

Les communications qui nous sont parvenues, en réponse au questionnaire dressé par notre Association, sont malheureusement très incomplètes, notamment en ce qui concerne les points principaux de notre enquête. Aussi la moyenne des chiffres donnés ne nous permet-elle pas d'en déduire des conclusions irrécusables. De même aussi les réponses au questionnaire sont-elles insuffisantes pour en déduire la plus ou moins grande valeur de l'un ou l'autre système; la majorité des exploitations ne connaissent en effet qu'un seul système; d'un autre côté, la responsabilité serait certes trop grande pour une exploitation si celle-ci mentionnait le système de frein qu'elle emploie comme laissant à désirer.

Aussi sommes-nous d'avis qu'une comparaison critique des différents systèmes ne présente guère de valeur lorsqu'elle est basée sur le nombre de freins en usage. Il ne faut, en effet, pas oublier que la question des freins n'a présenté qu'un intérêt tout relatif lors de la première installation d'un grand nombre de nos exploitations électriques.

C'est pourquoi nous nous voyons forcé, dans la suite de notre étude, de nous appuyer surtout sur l'expérience acquise par la Grande Compagnie de tramways de Berlin au sujet des différents systèmes de freins.

Un système de frein doit, en tout premier lieu, être considéré au point de vue de la sécurité qu'il offre; lorsque deux systèmes présentent le même degré de sécurité, celui-là sera préféré qui, dans les dépenses de première installation et dans les dépenses d'exploitation, sera le moins onéreux.

Comme dépenses, il faut distinguer les dépenses de



première installation, les dépenses d'entretien et les dépenses d'énergie.

D'après des renseignements récents, l'équipement électrique d'une voiture motrice à deux essieux, permettant le freinage par court-circuit, réclame un supplément de dépenses d'environ 800 marks par rapport à la même voiture munie seulement du frein à main; ce supplément de dépense ne tient pas compte de l'importance plus grande à donner éventuellement au moteur. Nous employons sur toutes nos voitures motrices, aussi sur nos voitures à deux essieux équipées de deux moteurs, deux freins électromagnétiques. Les deux disques de freinage du système employé chez nous reviennent à environ 400 marks, ce qui donc porte l'installation complète du frein électrique sur nos voitures motrices à 700 marks. Le frein de la voiture d'attelage revient, complètement installé, à environ 425 marks.

Ces dépenses restent les mêmes lorsqu'il s'agit d'une voiture à quatre essieux, car il suffit généralement de monter les disques de freinage sur les deux essieux porteurs seulement Veut-on équiper les quatre essieux de disques de freinage, le supplément total de dépenses qui en résulte sera de 425 marks.

D'un autre côté, l'installation d'un frein à air, dont le compresseur d'air serait actionné par un excentrique, s'élève aujourd'hui, pour une voiture motrice à deux essieux, à environ 1000 marks, et pour une voiture d'attelage à 200 marks. Pour une voiture à quatre essieux, la dépense serait de 1050 marks.

Il s'ensuit donc que l'équipement d'un frein mécanique pour un train composé, comme dans notre exploitation, d'une voiture motrice à quatre essieux et d'une voiture de remorque à deux essieux, s'élève à 1125 marks pour le frein électrique et à 1200 marks pour le frein à air.

Les dépenses d'installation du frein à air, pour le freinage de la voiture motrice et de la voiture d'attelage, ne sont donc, chez nous, que légèrement supérieures à celles réclamées par l'installation du frein électrique. Cette différence serait naturellement beaucoup plus sensible si nous nous décidions à ne pas installer de freins électromagnétiques sur nos voitures motrices; cette manière de faire serait cependant, pour une exploitation comme la nôtre, peu recommandable, car nous utilisons le frein électrique comme frein de service; de plus, la charge de nos moteurs par le travail de traction atteint déjà la limite permise; il en résulterait naturellement pour ces moteurs une très grande fatigue, si nous devions freiner nos voitures motrices par court-circuit.

Lorsque le compresseur d'air est, comme dans notre exploitation, actionné per une roue à engrenages, les dépenses de première installation doivent être majorées d'environ 300 marks.

En résumé, il résulte donc de ce qui précède que les dépenses de première installation du frein à air sont plus élevées que celles du frein électrique. Il est vrai d'ajouter que, dans le cas de commandes de nouvelles voitures, cette dépense supplémentaire, relativement peu importante, n'entre guère en ligne de compte.

En ce qui concerne les dépenses d'entretien, celles-ci doivent faire l'objet d'un examen plus minutieux. Malheureusement, les réponses au questionnaire sont, précisément sur ce point, des plus insuffisantes; ce n'est en effet que l'année passée, au Congrès de Vienne, qu'il fut demandé aux exploitations de tramways de tenir une statistique relative aux dépenses d'entretien des freins; cette statistique n'est pas assez longue pour qu'elle puisse donner des chiffres de quelque valeur. Quoi qu'il en soit, il serait, à notre avis, absolument nécessaire que, dans le cas où la question des freins serait maintenue à l'ordre du jour de nos assemblées futures, chaque exploitation soit instamment priée de commencer sans tarder une comptabilité spéciale des dépenses nécessitées par l'entretien de leurs freins; le rapporteur pourrait ainsi, lors de la prochaine assemblée, disposer d'éléments statistiques de valeur. Cette comptabilité devrait s'étendre, dans toutes les exploitations, également sur l'équipement électrique des voitures. Il est en effet évident que, du moment où le moteur électrique n'est plus destiné uniquement à la propulsion de la voiture, mais qu'au contraire il dépense une certaine somme d'énergie destinée au freinage, les dépenses d'entretien proprement dites du moteur seront, pour le freinage électrique, plus élevées que pour le freinage à air. Cette différence en défaveur du frein électrique sera naturellement d'autant moins élevée que les dimensions données aux moteurs et aux autres organes de la voiture auront été, de prime abord, choisies plus grandes. Mais comme, d'autre part, ces dimensions doivent rester dans certaines limites, par suite du poids plus élevé et du rendement moindre qui en résultent, il s'ensuit qu'une différence en défaveur du frein électrique pourra toujours être constatée.

La comptabilité tenue par la Compagnie des tramways de Berlin donne, jusqu'aujourd'hui, les dépenses d'entretien suivantes : pour le frein électromagnétique qui, chez nous, est utilisé en même temps que le frein à main, 70 marks par voiture motrice et 45 marks par voiture d'attelage; pour le frein à air, 150 marks par voiture motrice et 25 marks par voiture d'attelage. Il est à remarquer cependant que les chiffres indiqués ci-dessus pour le freinage électrique ne comportent aucune dépense pour l'entretien des moteurs, des régulateurs de marche et des résistances. Nous sommes persuadés que cette quotité de dépenses est relativement importante, sans cependant atteindre la différence des chiffres donnés ci-dessus pour les dépenses d'entretien du frein électrique et du frein à air. Il ne nous est malheureusement plus possible de déterminer exactement, pour notre exploitation, la quotité de ces dépenses, car nous changeons souvent les induits entre les moteurs, ce qui, naturellement, ne nous permet pas de tenir une comptabilité spéciale pour chaque moteur; la chose ne serait possible, à l'avenir, que dans le cas de la mise en service de nouvelles voitures ou de nouveaux équipements.

Les freins à solénoïde réclament, à notre avis, un entretien moins onéreux que les freins à disques, bien que cependant les blocs de freinage soient soumis à une usure plus rapide.



Pour les freins à air, la plus grande partie des dépenses d'entretien est surtout occasionnée par le remplacement des sabots de freinage.

Afin de nous donner une idée exacte des dépenses nécessitées par l'entretien du frein à air, y compris le remplacement des sabots (matériel et main-d'œuvre) et aussi le graissage des compresseurs, nous avons, depuis octobre 1904, abandonné, sans contrôle de notre part, l'entretien des freins d'un dépôt, au fabricant de nos freins. Les ouvriers sont payés par nous et tout le matériel nécessaire sort de nos magasins. Nous avons ainsi pu constater que, par une organisation bien comprise des revisions périodiques, une sensible économie sur le matériel de rechange pouvait être obtenue; il était de la sorte possible de remédier en temps voulu à de nombreuses avaries et d'éviter ainsi souvent la mise hors de service de la voiture.

Les dépenses d'entretien du frein à air se sont élevées, par voiture appartenant au parc roulant du dépôt en question :

	marks		marks
Octobre......	15,60	Mars.........	21,40
Novembre....	15,60	Avril........	14,00
Décembre....	17,80	Mai..........	14,20
Janvier.......	17,20	Juin.........	12,60
Février.......	17,90	Juillet......	13,50

Comme on le voit, les dépenses ont donc légèrement diminué d'octobre en juillet; nous ne croyons pas qu'une diminution plus grande soit encore possible, car, dans notre exploitation, nos voitures sont soumises à un service aussi intense que possible, lequel est même presque ininterrompu sur plusieurs lignes.

Les voitures motrices parcourent journellement environ 150^{km}.

Quoi qu'il en soit, il est certain que les dépenses d'entretien des freins à air sont plus importantes que celles des freins électriques.

La troisième partie de notre étude comporte les dépenses supplémentaires d'énergie nécessaires au fonctionnement du frein à air.

Nous avons fait connaître, dans notre réponse au questionnaire, les nombreux essais comparatifs auxquels nous avons procédé sur le frein à main, le frein électromagnétique à disques et le frein à air. Les résultats les plus précis nous ont été fournis par notre voiture d'expériences, laquelle est pourvue de tous les appareils de mesure nécessaires. Nous avons pu constater que, par rapport au frein à main, l'énergie nécessaire pour une moyenne de deux freinages par kilomètre était : pour le frein Sperry de 22,0 watts-heures; pour le frein à air, de 36,3 watts-heures. La différence entre le frein à air et le frein magnétique n'est donc pas très importante. La consommation supplémentaire d'énergie est naturellement nulle si le frein à court-circuit seul est utilisé.

Les Tramways de Munich relatent dans leurs réponses que, dans certaines conditions, leurs voitures motrices à quatre essieux consomment moins de courant lorsqu'elles sont freinées par le frein à air que lorsqu'elles le sont par le frein à main. La chose est assez singulière et nous ne savons pas comment l'expliquer, même en concédant que nos essais, parce qu'ils étaient conduits par des ingénieurs, aient donné des résultats s'écartant peut-être des résultats qu'aurait fournis un service normal. Nous pourrions, par exemple, nous expliquer qu'un mécanicien qui roulerait sur une artère très fréquentée, telle que la Leipzigerstrasse ou la Potsdamerstrasse, à Berlin, serait prédisposé, surtout si le fonctionnement du frein à main est un peu dur, à rapprocher prématurément ses blocs de freins des bandages, afin de pouvoir freiner plus rapidement en cas de danger. Nous devons cependant avouer que, dans notre exploitation, nous n'avons jamais fait de telles constatations.

Un autre point ne doit pas être omis, lorsque l'on compare, comme frein de service, le frein électrique au frein à air : c'est le rendement des moteurs. Il est hors de doute que, lorsque l'on emploie le frein électrique comme frein de service, la puissance du moteur doit être plus grande que dans le cas d'un freinage à air. Il est dès lors évident que, puisque toute machine possède son rendement maximum pour un service normal, le moteur électrique de la voiture ne travaillera à la propulsion de la voiture que moyennant un rendement réduit. Cette considération n'a pu, naturellement, être déterminée par nos essais, car l'équipement électrique de la voiture restait le même pendant toute la durée des essais.

Le Tableau donné par M. Scholtes au sujet de la dépense d'énergie nécessaire à la compression de l'air est certainement exact, mais il ne permet cependant pas de conclure à la supériorité du freinage électrique, parce que celui-ci implique la présence d'un moteur plus puissant.

En résumé donc, si l'on compare entre elles les dépenses totales occasionnées par les deux systèmes de freins utilisés comme freins de service, il est hors de doute que le frein à air est plus onéreux que le frein électrique, tout aussi bien au point de vue des dépenses de première installation qu'au point de vue des dépenses d'exploitation. Aussi le frein électrique l'emporte-t-il sur le frein à air lorsque la seule considération des dépenses entre en ligne de compte.

Mais, comme le reconnaît d'ailleurs M. Scholtes lui-même, cette considération des dépenses n'est pas la seule qui permette de conclure à la supériorité de l'un ou de l'autre système de freins : c'est la plus ou moins grande sécurité qui doit primer toutes les autres considérations.

En ce qui concerne le degré de sécurité offert par les deux systèmes de freins, nous dirons : s'il nous fallait étudier la question au point de vue théorique seulement, nous donnerions la préférence au frein à air, parce qu'il agit momentanément et parce que des mécaniciens peu expérimentés peuvent le desservir sans occasionner trop d'à-coups. Mais le point de vue théorique seul ne doit pas être prédominant pour décider du degré de sécurité. Celui-ci doit se déterminer en tenant compte de tous les facteurs, lesquels sont considérés dans la statistique des collisions entre voitures; or, cette statistique nous montre qu'au point de vue des collisions, les deux systèmes se valent à peu près l'un l'autre.

Ce résultat provient, à notre avis, de ce que les watt-



men, sachant qu'ils ont à leur disposition un frein d'un fonctionnement certain, seront enclins à passer avec trop d'audace et trop rapidement les points dangereux. Par suite d'une circonstance imprévue, par exemple par suite de rails gras, le frein ne produit pas son effet ou le produit tardivement, et la collision devient ainsi inévitable, alors qu'elle aurait pu être évitée si le wattman avait roulé plus prudemment et s'il avait freiné en temps voulu.

Le frein électrique, outre le désavantage d'être tributaire du fil de trolley, présente également un autre inconvénient : c'est que son action n'est pas toujours subite ; ce retard, même s'il n'est que d'une seconde, suffit pour donner au wattman un sentiment de manque de confiance en son frein ; aussi ce sentiment, ajouté à d'autres considérations de commodité, par exemple, le freinage électrique doit toujours être combiné à un freinage à la main, pousse chez nous les wattmen à préférer le frein à air et à en demander l'application générale.

Le frein électrique est et reste, à notre avis, un frein d'appréciation, c'est-à-dire que le wattman doit pouvoir sentir lui-même comment il doit desservir son frein pour les différentes vitesses ; la manœuvre rationnelle du frein électrique réclame donc du wattman une certaine dextérité.

Les longueurs de freinage obtenues par les deux systèmes sont à peu près les mêmes. Le frein à air a fourni de meilleurs résultats pour les vitesses moindres, le frein électrique pour les vitesses plus grandes.

Le freinage à air est plus agréable, en ce sens qu'il est plus doux ; il se produit d'une façon moins brusque que le freinage électrique. Un wattman inexpérimenté, desservant un frein à main, peut aussi produire des chocs, mais ceux-ci dépendent moins pour le frein à air que pour le frein électrique de la dextérité du mécanicien.

L'expérience acquise par la Compagnie des tramways de Berlin nous permet d'avancer que, pour des exploitations comportant des conditions analogues à celles de Berlin, les deux systèmes de freins présentent le même degré de sécurité. Ceci résulte, comme nous l'avons dit plus haut, d'une statistique que nous avons dressée au mois d'avril dernier et qui montrait que les collisions sont également nombreuses pour les deux systèmes.

Par contre, nous estimons que, pour les exploitations qui comportent un réseau présentant de longues et fortes pentes, où un emballement paraît possible, le frein électrique n'est pas à recommander, car, dans ces cas, il faut compter sur le danger des courts-circuits dans les freinages.

L'emploi du frein à air présente en outre, pour les exploitations comportant de tels réseaux, l'avantage de pouvoir rendre automatique le freinage de la voiture d'attelage, dans le cas d'un bris d'attelage.

Lorsqu'il s'agit d'exploitations comportant des voitures ou des trains composés de lourdes voitures roulant à une vitesse accélérée sur des lignes suburbaines, il nous semble que, dans ce cas aussi, le frein à air doit être préféré, car les quelques dépenses supplémentaires qu'il exige sont compensées par une grande sécurité. Il est d'ailleurs à remarquer que, dans de telles exploitations, les autres dépenses augmentent dans de telles proportions, que les dépenses de freinage n'y jouent plus qu'un rôle insignifiant.

En résumé, nous croyons donc pouvoir dire qu'au point de vue de la sécurité, le frein à air peut être employé dans tous les genres d'exploitations ; le frein électrique, par contre, ne peut s'appliquer qu'à un nombre plus restreint de cas. Aussi, croyons-nous devoir amender légèrement le texte des conclusions proposées par M. Scholtes.

Les conclusions devraient être :

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service doivent être prises en considération ; l'application de chacun des trois systèmes : frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le frein utilisé comme frein de service doit permettre un freinage sans à-coups et ne jamais occasionner de fatigue au wattman. Il doit également pouvoir être employé comme frein d'urgence et, comme tel, être d'un fonctionnement suffisamment certain et rapide. A côté de ce frein de service, l'équipement de la voiture comportera un second frein (frein auxiliaire).

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage, ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne pourrait plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique, soit un frein électrique, soit un frein à air. »

Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques, par SCHOLTES (Rapport présenté au Congrès de Milan, en septembre 1906, de l'Union internationale de tramways et de chemins de fer d'intérêt local). — Un total de 142 exploitations possédant ensemble un parc de 14 563 voitures, ont cette fois répondu au questionnaire envoyé aux membres de l'Association. Notre rapport au Congrès de Vienne ne s'appuyait, lui, que sur les réponses de 54 exploitations seulement.

Les renseignements fournis, par suite probablement du questionnaire plus détaillé, étaient en général mieux étudiés et présentent ainsi une base de discussion plus sérieuse.

Toutes les réponses cependant n'ont pu être utilisées, car plusieurs exploitations ont, dans leurs réponses, confondu le frein mécanique avec le frein à main.

Dans 29 cas seulement, l'installation des freins mécaniques a été imposée par les autorités du contrôle, notamment lorsqu'il était prévu un service de voitures d'attelage.

Nous n'avons considéré dans notre étude que les tramways électriques proprement dits et en avons éliminé les chemins de fer suspendus, chemins de fer vicinaux et chemins de fer souterrains.

Il résulte des réponses au questionnaire que, d'une façon générale, les exploitations ont eu toute satisfaction du système de frein par elles employé ; quelques rares exceptions seulement prévoient pour l'avenir l'in-

troduction d'un autre système de frein dans le cas de l'achat de nouvelles voitures.

Afin de permettre une étude critique des différents systèmes de freins employés, il est, nous paraît-il, de toute importance de connaître le nombre total d'applications. C'est à cette fin que nous avons dressé le Tableau suivant.

Système de freins.	Nombre des voitures réparties suivant leur tare en tonnes.									Nombre des voitures.		Nombre des exploitations.	
	de 5 à 6 tonnes.	de 6 à 7 tonnes.	de 7 à 8 tonnes.	de 8 à 9 tonnes.	de 9 à 10 tonnes.	de 10 à 11 tonnes.	de 11 à 12 tonnes.	de 12 à 13 tonnes.	de 13 à 16 tonnes.	Au total.	En pour 100.	Au total.	En pour 100.
Frein à main......	238	508	1639	1335	1095	14	22	154	7	5012	34,4	71	50,0
» électrique ...	16	436	924	2232	3086	100	204	234	34	7266	50,0	60	42,2
» à air........	0	21	286	426	216	326	71	704	235	2285	15,6	11	7,8
									Total............	14563	100	142	100

Il résulte de ce Tableau que c'est le frein à main qui jusqu'ici a trouvé le plus d'applications, puis vient le frein électrique, et, en troisième ligne seulement, le frein à air.

Comme il était à prévoir, le frein à main est surtout employé dans les exploitations de peu d'importance et particulièrement pour le freinage de voitures d'un poids peu élevé. Les exploitations qui utilisent le frein à main indiquent dans leurs réponses que, ce système de frein leur suffisant amplement, elles n'avaient dès lors aucun intérêt à introduire un frein électrique. Pour ces exploitations, le frein électrique était réservé comme frein d'urgence

Nous approuvons complètement cette préférence donnée au frein à main dès qu'il ne s'agit pas de voitures trop lourdes, d'un terrain trop difficile ou de vitesses trop élevées, de plus, si l'on a soin de veiller au maintien en bon état des différents organes du frein électrique qui, dans le cas de l'emploi du frein à main comme frein de service, sera utilisé comme frein de secours. Le maintien en bon état des différents organes du frein électrique comme frein de secours, a d'ailleurs une grande importance, par suite même de la rareté et de la gravité des cas où il en sera fait usage.

Comme le montre le Tableau ci-dessus, plusieurs exploitations utilisent encore le frein à main comme frein de service pour le freinage de voitures pesant plus de 12 tonnes; plusieurs de ces exploitations ont même un service par voitures d'attelage et possèdent sur leur réseau des pentes allant jusque 10 pour 100. Cette manière de faire nous semble dangereuse, car le service du frein à main occasionne au wattmann, dans un tel service, une fatigue qui, dans certaines circonstances, peut avoir une influence fâcheuse sur la sécurité du service.

Environ 26 exploitations reprochent au frein électrique de fatiguer démesurément les moteurs, d'occasionner une usure plus rapide des engrenages, de produire aux résistances un échauffement au delà de la limite permise et d'occasionner des perturbations aux régulateurs de marche. A notre avis, ces reproches n'indiquent qu'une seule chose : c'est que l'équipement électrique de ces voitures n'est pas conditionné pour un freinage électrique.

D'autres exploitations, presque en aussi grand nombre, se prononcent en faveur du frein électrique, ce qui tendrait à prouver que des dimensions bien étudiées données à l'équipement électrique excluent tous les inconvénients dont il vient d'être parlé.

On reproche également au frein électrique les à-coups du freinage. On peut répondre à ce reproche que cet inconvénient provient très probablement de ce que les résistances de freinage n'ont pas été convenablement dimensionnées, ou encore de ce que le frein est desservi d'une façon peu habile. En ce qui concerne ce dernier point, nous dirons qu'un frein mal desservi produit toujours des à-coups, quel que soit le système employé.

Vingt-six exploitations seulement ont procédé à des essais de freinage. Ce petit nombre peut s'expliquer par le fait que ces essais réclament, pour obtenir des résultats présentant quelque utilité, une série de mesurages qui doivent être exécutés avec le plus grand soin et réclament une grande exactitude. Parmi les exploitations qui ont procédé à des essais de freinage, nous citerons spécialement les essais des tramways de Berlin, Cassel, Dresde, Francfort, Gênes, Lyon et Vienne. Les résultats de ces essais concordent en presque tous les points avec les résultats obtenus en 1900 par M. Poetz, directeur des tramways de Hambourg, et confirment que le frein électrique n'est, au point de vue de la rapidité du freinage, surpassé par aucun autre système.

A côté du prix plus élevé dans les dépenses de première installation et les dépenses d'entretien, il est reproché au frein à air son non-fonctionnement en temps de gel, la nécessité de régler fréquemment les blocs et le peu d'étanchéité de la tuyauterie. Ces inconvénients, qui se feraient surtout remarquer dans les commencements de la mise en service du frein à air, ont même incité plusieurs exploitations à abandonner complètement ce système de freinage.

Il est hors de doute que les nombreux organes mécaniques qui composent le frein à air sont soumis à une usure plus rapide et que ce frein, par suite même de la



complication de ses organes, doit être entretenu par un personnel spécial.

L'effet violent de la détente de l'air comprimé produit aussi sur les sabots des freins une pression plus rapide et plus forte qui les soumet à une usure plus rapide.

Tous ces points rendent l'emploi du frein à air comme frein de service très onéreux.

A côté de ces inconvénients, le frein à air en possède encore un autre, résultant de la consommation supplémentaire d'énergie, nécessitée pour la compression de l'air. Il résulte des essais auxquels ont procédé les tramways de Berlin, de Leipzig, de Nuremberg-Furth, de Hanovre, de Turin-Trofarello, ainsi que la Compagnie des omnibus de Paris, que cette consommation supplémentaire est en moyenne de 38 kilowatts-heures par motrice-kilomètre.

En admettant que la totalité des voitures motrices de ces exploitations soient équipées du frein à air, en supposant de plus que le prix de revient du kilowatt-heure soit de 10 pfennigs, la consommation supplémentaire d'énergie nécessitée par la compression de l'air s'établit pour les exploitations allemandes, par exemple, utilisant le frein à air, comme suit :

Exploitations.	Motrices-km parcourues en 1904.	Supplément annuel réclamé pour la compression de l'air. en kilowatts-heures.	en marks.
Grande Société des tramways de Berlin........	55 110 000	2 094 180	209 418
Grande Société des tramways de Leipzig.......	12 622 000	479 636	47 964
Tramways de Hanovre...	9 045 000	343 710	34 371
Tramways de Munich....	8 330 000	316 540	31 654
Tramways de Nuremberg-Furth.................	5 094 000	193 572	19 357
Tramways de Crefeld.....	2 265 000	86 070	8 607

Ce Tableau ne tient pas compte de la remorque éventuelle des voitures d'attelage.

Le Tableau suivant donne quelques indications relatives aux dépenses de première installation et aux dépenses d'entretien des différents systèmes de freins; les valeurs indiquées dans ce Tableau représentent la moyenne des chiffres fournis par les différentes exploitations dans leurs réponses au questionnaire.

Système de frein.	Dépenses de première installation: par voiture motrice.	par voiture d'attelage.	Dépenses annuelles d'entretien: par voiture motrice.	par voiture kilomètre.
Frein à main.....	Sont compris dans le prix d'achat de la voiture.		marks 87	pfennig 0,20
Frein électrique..	marks 285	marks 400	57	0,15
Frein à air.......	1164	212	188 (¹)	0,30 (¹)

Comme le montre ce Tableau, non seulement le frein électrique l'emporte sur le frein à air au point de vue des dépenses de première installation, mais il l'emporte également, et sur le frein à main, et sur le frein à air, au point de vue des dépenses d'entretien. Cet écart assez sensible dans les dépenses d'entretien en faveur du frein électrique résulte du fait que l'usure des sabots est très minime, car, dans le freinage électrique, le frein à main n'est utilisé que pour mettre à l'arrêt complet, la voiture déjà freinée préalablement par le frein électrique.

Lorsque le frein électrique est utilisé comme frein de service et non comme frein de secours, l'équipement des voitures motrices réclame comme seules dépenses supplémentaires, l'installation d'un régulateur de marche plus important, comportant en outre une plus grande graduation des résistances du freinage. D'après les renseignements fournis par les exploitations ayant répondu au questionnaire, cette dépense serait en moyenne de 285 marks par voiture motrice. L'installation du freinage électrique sur les voitures d'attelage est plus élevée : elle varie suivant le système employé, mais est en moyenne de 400 marks par voiture.

Les réponses faites au questionnaire montrent que, dans les premières années de la traction électrique, les voitures d'attelage étaient équipées surtout du frein à disques, mais que, dans ces dernières années, la préférence a été accordée au frein à solénoïde.

La valeur de 1164 marks donnée pour la dépense de première installation du frein à air, représente une moyenne des prix demandés pour les modèles anciens et récents et pour les différents systèmes. Pour les anciens modèles, le prix d'achat s'élevait jusqu'à 1570 marks; il est aujourd'hui d'environ 1000 marks par voiture.

La dépense de première installation du frein à air sur les voitures d'attelage est mentionnée comme étant de 212 marks. Les renseignements qui nous sont parvenus n'indiquent pas si, pour ce prix, le frein agit automatiquement dans le cas de bris d'attelage.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer en commençant notre étude, les résultats de l'enquête faite par l'Union internationale concordent en de nombreux points avec les résultats obtenus lors d'enquêtes précédentes faites sur la même question; ils présentent d'ailleurs une valeur suffisante pour permettre de porter un jugement sur la question. Aussi croyons-nous pouvoir présenter au Congrès de Milan les conclusions suivantes qui ont été déjà présentées à l'Association allemande de tramways et de chemins de fer d'intérêt local :

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service doivent être prises en considération; l'application de chacun des trois systèmes : frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le freinage doit pouvoir s'opérer sans à-coups. L'équipement de la voiture doit comporter deux systèmes de freins complètement indépendants l'un de l'autre. Le frein employé en service doit exclure toute fatigue du mécanicien.

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne peut plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique.

(¹) Il faut encore ajouter à ce chiffre la dépense supplémentaire pour la compression de l'air.

» 3° Si l'emploi du frein électrique comme frein de service présentait des inconvénients résultant par exemple du choix d'un type de moteur trop faible, d'une graduation trop large dans les résistances et les régulateurs de marche; dans ce cas, il pourra être avantageux d'employer un frein à air comprimé.

» L'emploi de ce dernier système de frein deviendra d'ailleurs indispensable, lorsque les voitures sont relativement lourdes, qu'elles roulent à une grande vitesse, ou encore lorsque les trains comportent plus de deux voitures d'attelage. »

Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques, par L. PETIT, Ingénieur, Chef de division à la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles (Rapport contradictoire, présenté au Congrès de Milan, en septembre 1906). — 128 exploitations de tramways ont répondu au questionnaire envoyé aux membres de l'Association par les soins du Secrétariat général. Plusieurs de ces réponses constituent des études très complètes et relatent des résultats d'expériences qui prouvent combien cette importante question fait l'objet des préoccupations et des recherches des exploitants de tramways; mais ces nombreux et nouveaux éléments apportés à la contribution de cette étude ne nous permettront pas d'établir l'accord entre les deux rapporteurs de l'assemblée de Francfort, en vue d'arriver à une conclusion définitive.

Peut-il d'ailleurs en être autrement?

Il est évident qu'une exploitation de tramways ne se décide à adopter un système de frein qu'après avoir minutieusement étudié les divers systèmes en usage et que son choix se base non seulement sur les considérations de prix de premier établissement, de frais d'entretien, mais aussi sur les conditions spéciales de son réseau au point de vue de la vitesse des trains, de leur composition, du profil des lignes, des poids du matériel, des conditions de l'équipement électrique des voitures, de l'intensité de la circulation des voies publiques empruntées, etc. En d'autres termes, dans une question comme celle-ci, il serait irrationnel de décider d'une façon générale que la préférence doit être accordée à celui des deux systèmes qui compte le plus grand nombre d'applications.

Il est un premier point sur lequel l'accord complet existe : c'est qu'il est indispensable d'avoir, à côté du frein à main utilisé comme frein de service, un frein de secours qui doit servir en cas d'avaries ou en cas d'urgence.

Or, l'armement électrique des voitures motrices constitue par lui-même ce frein sans aucun dispositif spécial; nous voulons parler du frein à contre-courant. D'après nous, c'est là un frein de secours; il ne convient pas de l'employer comme frein de service.

On est également d'accord pour reconnaître que le frein utilisé comme frein de service doit permettre un freinage sans à-coups et ne jamais occasionner de fatigue exagérée au wattman. Il faut en conclure que, sur des réseaux comportant des rampes assez raides et d'une certaine longueur, où la vitesse commerciale est assez grande et où le matériel roulant est d'un tonnage assez élevé, le frein à main est insuffisant et que l'emploi d'un frein mécanique s'impose (frein à air ou frein électrique).

En ce point, les divergences d'opinion se présentent; les uns préconisent les freins électriques, les autres les freins à air. Nous croyons inutile de parler de certains systèmes de freins spéciaux, tels que les freins à griffes utilisés sur des lignes à très fortes rampes; ils ne peuvent pas être considérés comme freins de service.

Dans la catégorie des freins électriques, il faut ranger : les freins à court-circuit; les freins à contre-courant; les freins électromagnétiques à disques ou à patins, et les freins à solénoïde.

Les freins à air sont tous basés sur l'emploi de l'air comprimé; les systèmes employés diffèrent entre eux soit par le mode de compression de l'air : station centrale de compression, compresseur mû par un excentrique ou par un moteur électrique; soit par leur mode d'action, frein automatique, non automatique, etc.

On voit que, dans chacune des deux catégories, les systèmes sont nombreux, et il est difficile d'établir, au point de vue du prix de premier établissement, une comparaison bien exacte.

Les chiffres indiqués en réponse à la sous-question n° 15 du questionnaire présentent, entre eux et pour des freins de même catégorie, des différences notables. Il faut cependant reconnaître que les prix d'installation des freins électriques sont notablement inférieurs à ceux des freins à air sans qu'on puisse toutefois établir d'une manière absolue la différence à l'avantage du frein électrique.

Pour la comparaison au point de vue des frais d'entretien, nous ne disposons pas, dans les réponses faites, de données bien précises; ce manque de précision s'explique d'ailleurs par le fait qu'une comptabilité spéciale et surtout uniforme pour toutes les exploitations serait difficile à établir par suite du grand nombre d'éléments qui doivent entrer en ligne de compte. Dans les chiffres qui nous ont été remis la dépense d'entretien des moteurs, des controllers, des résistances dans le cas d'emploi de freins à court-circuit et à contre-courant est-elle prise en considération?

Au point de vue des frais d'entretien cependant, l'avantage est encore aux freins électriques, avec cette réserve toutefois qu'il convient de signaler que, s'il est possible de tenir note de tous les frais d'entretien d'un frein à air, il n'en est plus de même pour le frein électrique dont certaines réparations échappent à une répartition bien exacte.

Douze exploitants de tramways ont donné, dans leurs réponses, des indications relatives aux dépenses d'énergie nécessaires au fonctionnement du frein à air. La moyenne de ces dépenses serait de 30 à 40 watts-heures par train-kilomètre.

D'autre part, on estime à 22 watts-heures la dépense d'énergie pour le frein électromagnétique.

Les résultats des essais effectués par les Tramways de Munich sont intéressants à signaler : la consommation totale d'énergie est à peu près la même si l'on utilise le frein à main ou le frein à air; elle fut même

inférieure, dans certaines conditions, en employant le frein à air. Cette moindre consommation fut constatée sur des lignes empruntant des voies publiques à circulation très intense et à profil accidenté; elle s'explique par le fait que le wattman conduisant une lourde voiture à bogies, freine plus souvent s'il n'a à sa disposition qu'un frein à main; il est par contre plus sûr de lui-même s'il dispose du frein à air. La dépense de courant est donc réduite par suite du moins grand nombre de démarrages ou plutôt d'à-coups dans la propulsion de la voiture.

Cette constatation qui, très probablement, pourrait se produire sur d'autres réseaux, est une nouvelle preuve qu'un système de frein qui serait onéreux pour certaines exploitations peut présenter, sur d'autres lignes, de grands avantages sur les systèmes concurrents.

Si le frein à court-circuit ne consomme pas d'énergie, il ne faut pas perdre de vue qu'il exige des moteurs d'une puissance plus grande que si l'on employait le frein à air. Le rendement de ces moteurs plus puissants est évidemment moindre en service normal et, de ce fait, la consommation d'énergie sera plus élevée. Cette majoration de consommation ne serait-elle pas équivalente à la quantité d'énergie nécessaire à la compression de l'air?

Aucune expérience n'a été faite pour déterminer cette comparaison; mais il semble qu'il doive s'établir un régime de compensation qui rétablirait l'équilibre entre les deux systèmes de freins au point de vue de la dépense d'énergie.

Il reste donc acquis qu'au double point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'entretien, la préférence devrait être donnée aux freins électriques.

Ce ne sont pas cependant ces seules considérations qui doivent entrer en ligne de compte pour déterminer le choix du système à adopter. Il convient principalement d'examiner lequel des deux présente le plus de garanties au point de vue de la sécurité.

Le frein à air présente sur le frein électrique l'avantage de ne pas être tributaire du fil de trolley, inconvénient sérieux qui peut avoir de graves conséquences si, au moment où le wattman compte sur son frein, la roulette vient à dérailler ou si une interruption de courant se produit.

L'action du frein électrique peut ne pas être instantanée, d'où il peut résulter un manque de confiance du wattman dans son frein. Le frein électrique doit toujours avoir pour complément le frein à main qui détermine et maintient l'arrêt complet, d'où double manœuvre à effectuer.

Tandis que la manœuvre du frein à air peut se régler aisément de manière à obtenir un freinage agréable et sans à-coups, il faut, de la part du wattman, une plus grande dextérité pour obtenir les mêmes résultats par le frein électrique.

En ce qui concerne les longueurs du freinage, les résultats obtenus par les deux systèmes paraissent équivalents.

La sécurité du fonctionnement du frein à air peut être compromise par des fuites dans les tuyauteries, dans les tuyaux d'accouplement; ce sont là des défauts dont le personnel peut s'apercevoir immédiatement. Si les tuyauteries ont été bien établies dès le début, les fuites ne sont guère à craindre. Le wattman a d'ailleurs toujours devant lui le manomètre qui lui indiquera s'il peut compter sur son frein; dans le frein électrique, au contraire, il suffit d'un collecteur mal entretenu pour empêcher le frein électrique de s'amorcer.

Le frein à air présente sur le frein électrique le grand avantage d'agir automatiquement sur les voitures de remorque dans le cas de rupture d'attelage, avantage très sérieux pour des réseaux représentant un profil accidenté. De plus, le frein électrique sur les longues pentes peut donner lieu à des courts-circuits en cas d'emballement.

On peut conclure de ce qui précède qu'au point de vue de la sécurité, le frein à air est préférable au frein électrique, surtout sur des réseaux comportant de longues pentes.

Nous croyons en conséquence devoir nous rallier entièrement à l'avis exprimé, au sujet du choix à faire entre les deux systèmes, par M. Björkegreen dans son rapport à l'Assemblée de l'Association allemande tenue à Francfort.

M. Björkegreen y était d'avis que le frein à air doit être préféré pour des lignes à profil accidenté et dont les trains comportent une ou deux voitures de remorque; de plus, que son emploi est également indiqué lorsqu'il s'agit d'exploitations comportant des voitures de fort tonnage ou des trains lourds composés de plusieurs voitures roulant à une vitesse assez élevée sur des lignes suburbaines.

Notre rapport ne comporte que la comparaison entre les freins électriques et les freins à air, envisagés les uns et les autres d'une manière générale; pour être complète, cette étude devrait également envisager les avantages et les inconvénients des différents types de freins électriques et à air dont nous avons donné plus haut une nomenclature détaillée. Cette étude serait certainement intéressante pour les exploitations qui ont à faire choix d'un frein mécanique, mais elle donnerait lieu à des développements trop importants dans les conditions actuelles. De plus, divers systèmes nouveaux de freins mécaniques, notamment de freins à air, sont en service depuis une période de trop courte durée pour qu'il soit permis de se prononcer d'une manière précise sur leur valeur.

Cette question des freins ne me paraît pas d'ailleurs devoir être classée après le Congrès actuel : elle est une de ces questions importantes qui doivent être périodiquement reprises pour tenir les membres de l'Union internationale au courant des progrès réalisés. C'est ainsi que l'on pourra examiner plus en détail les divers systèmes de freins et faire de chacun d'eux une critique intéressante et utile.

Qu'il nous suffise pour aujourd'hui d'avoir examiné d'une manière plus générale les deux classes de freins mécaniques : les freins à air et les freins électriques. Dans ces conditions, nous croyons pouvoir soumettre à l'assemblée les conclusions suivantes :

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les

circonstance particulières au service doivent être prises en considération; l'application de chacun des trois systèmes : frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le frein utilisé comme frein de service doit permettre un freinage sans à-coups et ne jamais occasionner de fatigue excessive au wattman.

» Il doit également pouvoir être employé comme frein d'urgence et, comme tel, être d'un fonctionnement suffisamment certain et rapide.

» L'équipement de la voiture comportera toujours, outre ce frein de service, un second frein auxiliaire;

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou du profil du réseau, le frein à main ne pourra plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique, soit un frein électrique, soit un frein à air. »

DIVERS.

Méthode de limitation permanente des courants parasites dans les réseaux de tramways, par W. KOHLRAUSCH (*Electrotechnische Zeitschrift,* vol. XXV, 21 juin 1906, p. 585-586). — Les moyens les plus sûrs de réduire dans des limites acceptables la valeur et les dangers des courants parasites provenant de la voie de roulement d'un réseau de tramways consistent jusqu'à présent à disposer un fideur de retour relié aux rails parallèlement au fideur d'amenée de courant relié au fil de travail, à ne pas donner une étendue trop grande aux districts desservis par chaque fideur, à bien isoler de la terre tous les câbles et l'usine même, enfin à maintenir une chute de tension moyenne égale dans tous les fideurs de retour. Tous les points d'attache des fideurs de retour se trouvant alors sensiblement au même potentiel, la somme des courants parasites (pour un temps suffisant) allant par la terre d'un district à l'autre est nulle. Il faut, en outre, que la valeur absolue de la chute de tension dans chaque fideur séparé soit assez faible pour ne pas causer dans le rayon de chaque district une action électrolytique sensible; d'après l'expérience de l'auteur, sur les tramways de Hanovre, il ne doit pas exister une différence de potentiel de plus de 0,3 volt entre le fideur de retour et la terre.

Pour maintenir une chute de tension égale sur tous les fideurs de retour, on peut faire à l'aide d'un wagon d'essai les relevés voltmétriques toutes les demi-minutes dans les divers districts, faire le calcul des chutes de tension moyenne correspondantes pendant une durée suffisante, et égaliser ces pertes par l'adjonction de résistances appropriées sur tel ou tel fideur de retour.

Un autre procédé consiste à mesurer simultanément le courant dans chacun des fideurs d'alimentation et de retour, toutes les 10 ou 20 secondes, pendant un certain temps. S'il n'y a pas de courant parasite circulant d'un district à l'autre, le courant moyen qui traverse le fideur de retour doit être le même que celui qui traverse le fideur d'alimentation. Dans le cas d'inégalité, on change la résistance additionnelle du fideur de retour. Ce procédé exige plusieurs opérateurs à moins d'employer, comme on l'a fait à Hanovre, l'enregistrement photographique des ampèremètres.

Ces deux procédés sont peu commodes et donnent des résultats incertains parce que les mesures portent sur des durées trop courtes et peuvent être troublées par des phénomènes perturbateurs accidentels de peu de durée; on est donc obligé de répéter fréquemment les mesures.

L'auteur a imaginé un procédé beaucoup plus commode et plus précis consistant à intercaler dans chaque système de fideurs un compteur différentiel enregistrant la différence des courants circulant dans le fideur d'alimentation et dans celui de retour. On fait tous les huit jours la lecture des compteurs et l'on règle la résistance additionnelle des fideurs de retour qui en ont besoin. Il n'est pas nécessaire que le compteur soit très précis, on peut employer pour cet usage le compteur à pendule genre Aron qui est peu coûteux.

Cette méthode est bien plus précise que les précédentes, puisqu'elle donne la valeur moyenne des courants parasites circulant d'un district à l'autre, non plus pendant une période d'une heure, mais pendant huit jours entiers. Comme, d'autre part, elle n'exige pas de mesures longues et délicates, elle permet de vérifier bien plus souvent le réglage des résistances additionnelles et de tenir compte ainsi des variations pouvant survenir d'une semaine à l'autre dans l'état du sol. Ch. J.

BREVETS RÉCENTS.

Divers : Burns. USAP. 814671, 7 fév. 1905 (dispositif pour empêcher l'accumulation des glaces sur les rails). — Carpenter. USAP. 815320, 12 mai 1904 (dispositif de sûreté automatique pour chemins de fer). — Coleman. USAP. 814021 et 822508, 13 avril et 4 déc. 1905 (appareil pour contrôler la circulation des tramways). — Fox. USAP. 821352, 5 déc. 1905 (accroissement de l'adhérence des roues de tramways au moyen d'un électro). — Lowry. BP. 12295 et 12297, 1905 (accroissement de l'adhérence). — Mahoney. USAP. 813052, 8 nov. 1901 (interrupteur pour voitures). — Miller. USAP. 823478, 6 nov. 1905 (dispositif de sécurité pour voitures accumobiles). — Thullen. USAP. 816762, 18 janvier 1905 (appareil pour contrôler le passage des tramways).

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Compagnie générale de distribution d'énergie électrique. — Les rapports présentés par le Conseil d'Administration et les Commissaires des Comptes à l'Assemblée générale ordinaire du 8 mai 1906, accusent les résultats suivants :

RAPPORT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION.

Votre Société, constituée le 14 juin 1904 au capital de 1000000 de francs, a dû, à deux reprises, augmenter son capital, et, par vos délibérations du 25 mai 1905, puis du 27 janvier 1906, vous avez successivement élevé le capital à 6000000, et enfin à 12000000^{fr}, chiffre actuel.

Jusqu'ici nous n'avons appelé que le quart du capital nominal de nos actions, sauf pour le premier million dont la moitié a été versée par les actionnaires.

Le Bilan que nous avons l'honneur de soumettre à votre approbation n'indique donc, en dehors des frais de constitution et de la situation des disponibilités, que le montant des dépenses faites ou engagées au 31 décembre 1905 pour les installations, celles-ci se trouvant chargées des intérêts intercalaires afférents à chacune d'elles, conformément à l'art. 42 des statuts.

Le capital ne figure au Passif que pour 6000000^{fr}, puisque ce n'est que le 27 janvier 1906 qu'il a été porté à 12000000^{fr}.

Vous voyez paraître également au Passif le montant des factures de nos fournisseurs que nous n'avions pas encore réglées, et enfin vous remarquerez que nous avons appliqué à des amortissements et réserve d'amortissement l'excédent de l'Actif sur le Passif représentant le solde du Compte Profits et Pertes. Cet excédent s'élève en effet à.. 14229^{fr},51 dont nous nous sommes servis pour amortir :

$\frac{1}{10}$ de 24338 », Frais de constitution, soit	2433^{fr},80	
$\frac{1}{10}$ de 2092,48, Mobilier, soit..........	209^{fr},25	
		2643,05
Le solde, soit..........		11586,46

a été porté au compte « Réserve pour Amortissements », créé en vertu de l'art. 42 des statuts.

RAPPORT DU COMMISSAIRE.

Le bilan porte sur une période de 18 mois, du 14 juin 1904 au 31 décembre 1905.

Actif.

	fr
Les Frais de Constitution figurent pour une somme de..........	21904,20
Ils comportent les frais d'enregistrement et autres, tant pour le capital initial que pour la première augmentation de capital. Ce montant est net d'un amortissement de 2433,80.	
Le Chapitre des Dépenses d'Installations, qui s'élève à..........	3164224,20
comprend le montant des fournitures qui ont été payées aux Fournisseurs ou qui leur étaient encore dues au 31 décembre 1905, et, en outre, les intérêts intercalaires afférents à chacune d'elles, conformément à l'art. 42 des Statuts.	
Le Mobilier paraît pour.......... net d'un amortissement de 209,25.	1883,23
Les approvisionnements divers pour..........	21858,23
Les espèces en caisse et chez les banquiers pour.	47243,30
Les débiteurs divers pour..........	24729,35
Les avances payées au Fisc pour impôt sur le revenu des actions se montent à..........	3273,60
Enfin, les versements non appelés sur les actions sont de.......... représentant la moitié sur le capital primitif de 1000000 et les trois quarts sur la première augmentation de capital de 5000000.	4250000 »
Total de l'Actif....	7535116,41

Passif.

Capital : 12000 actions de 500^{fr}..........	6000000 »
Créditeurs divers..........	1523529,95
Ce compte comprend pour la majeure partie les Fournisseurs de matériel dont les factures n'avaient pas encore été réglées au 31 décembre 1905.	
Réserve d'Amortissements..........	11585,46
Ce compte a été créé en vertu de l'art. 42 des Statuts ; il représente le solde du compte de Profits et Pertes, déduction faite des Amortissements passés directement aux comptes « Frais de Constitution » et « Mobilier ».	
Total du Passif....	7535116,41

Profits et Pertes.

Le Compte de Profits et Pertes comporte les Dépenses et Recettes d'Exploitation se rapportant au Réseau du Tarn depuis l'ouverture du service, soit net..........	19195,62
Les frais généraux et d'Administration pour une période de 18 mois comprennent..........	41058,27
Le Compte d'Intérêts et Divers se solde par.... au crédit.	36092,16

Enfin, les Amortissements se décomposent ainsi :

	fr	
10 °/. sur les frais de constitution.	2433,80	
10 °/. sur le mobilier..........	209,25	
Ensemble....	2643,05	
et la Réserve pour Amortissement est de..........	11586,46	
Soit au total..........		14229,51

montant du solde du Compte de Profits et Pertes.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1905.

Actif.

Frais de constitution..........	21904,20
Dépenses d'installations..........	3164224,20
Mobilier..........	1883,23
Approvisionnements divers..........	21858,53
Caisses et Banquiers..........	47243,30
Débiteurs divers..........	24729,35
Impôt sur le revenu, à recouvrer..........	3273,60
Versements non appelés..........	4250000 »
Total de l'Actif. .	7535116,41



Passif.

Capital : 12000 actions de 500fr	6000000fr »
Créditeurs divers	1523529,95
Réserve d'Amortissement	11586,46
Total du Passif....	7535116,41

COMPTE DE PROFITS ET PERTES AU 31 DÉCEMBRE 1905.

Débit.

Frais d'Exploitation		34885,66
Frais généraux et d'Administration		38656,57
Abonnement au timbre		2401,70
Amortissements :	fr	
10 °/o sur frais de constitution	2433,80	
10 °/o sur mobilier	209,25	
	2643,05	
Réserve pour Amortissement	11586,46	
		14229,51
		90173,44

Crédit.

Recettes d'Exploitation	54081,28
Solde du Compte Intérêts et Divers	36092,16
	90173,44

INFORMATIONS DIVERSES.

Traction et locomotion. — LA TRACTION ÉLECTRIQUE DANS LE TUNNEL DU SIMPLON. — A la suite de quelques accidents matériels qui se sont produits peu après la mise en service du tunnel dans le matériel électrique chargé d'assurer la traction des trains, des informations contradictoires ont été données sur ce sujet. D'après des renseignements qui nous ont été récemment fournis, la traction électrique est, depuis le 1er août, exclusivement employée pour les trains de marchandises et les trains de voyageurs, sauf toutefois pour trois trains de luxe par semaine; depuis cette date les locomotives électriques Brown-Boreri trainent journellement 15 trains d'une extrémité à l'autre du tunnel.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE SUR LES LIGNES BERLINOISES. — Des essais techniques faits dans ces dernières années ayant montré qu'il serait avantageux au point de vue de la capacité du service de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur toutes les lignes de chemins de fer situées à l'intérieur de la ville ou dans sa banlieue, le gouvernement s'est occupé récemment des moyens financiers nécessaires pour effectuer cette vaste opération. La dépense est évaluée à 225000000fr. Il faudrait construire trois usines génératrices d'une puissance de 50000 à 60000 chevaux; les moteurs de traction seraient à courant alternatif simple. A l'intérieur de la ville la transformation pourrait être terminée en 1915; sur les lignes suburbaines elle ne serait complète qu'en 1920. L'augmentation possible du trafic serait de 27 pour 100 en conservant les voies actuelles, mais il est question d'ajouter un second étage de voies aux lignes aériennes et l'augmentation du trafic pourrait alors s'élever à 150 pour 100.

AUTOMOBILES A TRÔLET A LA SPEZZIA. — D'après la *Revue des Chemins de fer* (numéro de juillet 1906) la Société pour la traction électrique de Milan vient d'installer entre la Spezzia et Portovera, sur une longueur de 3km,8, un service d'omnibus automobiles électriques sans rails prenant le courant par un double trôlet (dont on ne donne pas la description) sur deux fils disposés à 5m,50 de hauteur sur l'accotement de la route. Le service est effectué par deux voitures à quatorze places, pesant 1500kg, portant chacune deux moteurs de 14 chevaux: elles peuvent franchir, à la vitesse de 20 à 25 km : h., les courbes du parcours qui, en certains points, ont un rayon de 7m à 8m. On trouve aussi sur la ligne des pentes de 6 centimètres par mètre. La dépense approximative de courant est de 200 watts-heures par kilomètre.

La Société pour la traction électrique réalise des installations similaires à Pavie et à Sienne; elle a en outre une ligne d'expérience à l'Exposition de Milan.

Télégraphie sans fil. — LE SERVICE DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL AU CANADA. — D'après l'*Elektrotechniker* le nombre des stations établies sur les côtes du Canada s'élèverait à 13, 10 grandes et 3 petites (on remarquera que d'après la statistique établie par le département de la Marine des États-Unis, statistique signalée récemment ici, t. V, p. 96, ce nombre ne serait que de 5; serait-ce parce que les documents de la statistique sont nécessairement un peu anciens, ou parce que quelques-unes des 13 stations ne sont pas publiques?). Les frais d'installation des stations construites les premières se sont élevés à 10625fr par poste; ceux des stations les plus récentes ne s'élèvent qu'à 6250fr. Les dépenses annuelles d'entretien sont de 4750fr par poste. Les installations faites sur quelques navires de la Marine de l'État sont revenues à 1950fr chacune.

LA ZONE D'INFLUENCE DE LA STATION DE POLDHU. — D'après l'*Electrical Review* de Londres, la station suisse de Rigi-Scheidegg, établie pour communiquer avec la station du fort Stockli, distante de 43km, est influencée par les ondes envoyées de la station de Poldhu, en Angleterre, distante d'environ 10000km. Toutefois il faut pour cela des conditions atmosphériques favorables et un réglage spécial des appareils de la station du Rigi qui a été installée par la Compagnie de télégraphie sans fil de Berlin.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL EN CHINE. — Une nouvelle Société, la Telefunken Ostasiatische Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie (m. b. H.), Tsingtau, a été formée récemment par la Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie, de Berlin, pour l'exploitation du système de télégraphie sans fil « Telefunken » en Chine, en Corée et en Extrême-Orient; son capital est de 125000 francs.

Télégraphie sous-marine. — CABLE FRANÇAIS INDO-CHINE-BORNÉO. — D'après le *Journal télégraphique* ce câble, qui sera bientôt mis en service, partira du cap Saint-Jacques, en Indo-Chine, pour aboutir à Pontianak, à Bornéo; il desservira en outre l'île de Poulo-Condore.

Tome VI. **N° 65. — 15 septembre 1906.**
Publié le 27 septembre.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ACCUMULATEURS.

Étude physique et chimique de l'électrode-nickel de l'accumulateur Jungner-Edison, par JULIAN ZEDNER (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XII, 6 juillet 1906, p. 463).

1° *Détermination de la teneur en eau.* — L'auteur a d'abord recherché la teneur en eau de l'hydrate de l'oxyde Ni^2O^3 qui compose la matière active positive. Comme cette matière ne peut être chauffée sans décomposition, la détermination de l'eau s'est faite par une méthode due à Pareau et qui consiste à placer la matière séchée à l'air dans des exsiccateurs renfermant de l'acide sulfurique à différentes concentrations. On relève les poids après l'équilibre des tensions de vapeur, ce qui se produit après 8 à 14 jours, et l'on en déduit la teneur en eau en fonction de la tension de vapeur. On trouve ainsi une courbe discontinue formée de plusieurs paliers correspondant aux différents hydrates successifs. Dans le cas de la matière positive de l'électrode-nickel, on constate ainsi l'existence de l'hydrate $Ni^2O^3, 6H^2O$ au-dessus de la pression correspondante à 3^{mm} de mercure et celle de l'hydrate $Ni^2O^3, 3H^2O$ au-dessous de cette pression.

2° *Variation de la force électromotrice avec la concentration de la potasse.* — La variation de la force électromotrice en fonction de la concentration de l'électrolyte peut permettre de déterminer l'hydrate auquel on a affaire. Si, en effet, la matière chargée est Ni^2O^3 anhydre et la matière déchargée NiO anhydre, comme la potasse ne prend pas part aux réactions, il est certain qu'on ne doit pas avoir de variation de la force électromotrice avec la concentration de la potasse. Il n'en est plus ainsi si l'eau joue un rôle dans la formation des hydrates. On trouve que le potentiel de l'électrode-nickel, mesuré avec l'électrode auxiliaire hydrogène, baisse lorsque la concentration de la potasse croît; cela indique que, pendant le fonctionnement, de l'eau est enlevée à l'électrolyte. L'équation chimique peut être représentée par

$$Ni^2O^3, xH^2O + H^2 + (n-1)H^2O = (NiO)^2, (x+n)H^2O$$

et les deux molécules NiO renferment n molécules H^2O de plus que la molécule Ni^2O^3. La valeur de n se détermine par la mesure de la force électromotrice aux différentes concentrations de la potasse.

Pour le calcul, on peut se servir de l'équation de Dolezalek

$$(1) \qquad E_1 - E_2 = a\frac{0,861}{2}10^{-4}T(v_2 - v_1)\text{ volt},$$

dans laquelle a représente une constante caractéristique pour la potasse $\left(a = -\frac{d\log_{\text{nép}} p}{d\nu}\right)$. Cette valeur n'est constante que pour les valeurs de la concentration ν supérieures à 0,1 (exprimées en nombre de molécules KOH par molécule d'eau), car ce n'est qu'à partir de cette valeur que le logarithme de la tension de vapeur p baisse selon une droite en fonction de ν.

E_1 et E_2 représentent les forces électromotrices aux concentrations ν_1 et ν_2.

L'auteur a fait des mesures pour les concentrations 0,1, 0,2 et 0,3 correspondant à des teneurs de 23,7, 38,4 et 48,3 pour 100 de potasse. Il se servait d'un électromètre et opérait par la méthode de compensation. A la température 11° C. les résultats obtenus ont été les suivants :

Concentration v.	Force électromotrice en volts.	Différence en millivolts.
0,1	1,314	
		11
0,2	1,303	
		10
0,3	1,293	

Pour une différence $\nu_2 - \nu_1 = 0,1$ on a donc en moyenne : $E_1 - E_2 = 10,5$ millivolts.

Comme l'équation (1) se rapporte à la décomposition d'une molécule d'eau, pour la décomposition de $(n-1)$ molécules d'eau on aura

$$(2) \quad E_1 - E_2 = (n-1)a.0,43.10^{-4}T(\nu_1 - \nu_2) \text{ volt.}$$

On a ici $a = 3,9$ pour la potasse,

$$T = 284, \quad \nu_2 - \nu_1 = 0,1, \quad E_1 - E_2 = 10,5 \text{ millivolts.}$$

On en déduit $n = 3,2$.

En remplaçant dans l'équation (2) n par cette valeur et E_2 et ν_2 par les valeurs trouvées, on obtient pour la combinaison oxyde de nickel | potasse | hydrogène

$$E = 1,323 - 0,1\nu$$

valable pour les valeurs de ν plus grandes que 0,1.

L'équation chimique peut être représentée maintenant approximativement par

$$Ni^2O^3, xH^2O + H^2 + 2H^2O = (NiO)^2, (x+3)H^2O.$$

On a vu précédemment que, pour une tension de vapeur inférieure à 3mm de mercure, c'est l'hydrate $Ni^2O^3, 3H^2O$ qui se forme. Comme la solution la plus concentrée essayée ($\nu = 0,3$) a une tension de vapeur de 2mm de mercure et comme, d'autre part, c'est au même hydrate que l'on a affaire pour les concentrations plus faibles ($\nu = 0,1$), puisqu'on a pour $E_1 - E_2$ la même valeur entre $\nu = 0,3$ et $\nu = 0,2$ qu'entre $\nu = 0,2$ et $\nu = 0,1$, on peut en conclure que, pour la solution étendue (24 pour 100 de potasse), c'est l'hydrate $Ni^2O^3, 3H^2O$ qui se forme. L'équation prend définitivement la forme

$$Ni(OH)^3 + H + H^2O = Ni(OH)^2, H^2O.$$

La composition de la matière positive chargée $[Ni(OH)^3]$ explique l'impossibilité de réaliser cette matière en calcinant le nitrate de nickel, car on produit dans ce cas l'oxyde anhydre Ni^2O^3 qui ne s'hydrate pas dans l'eau.

3° *Le coefficient de température.* — L'auteur a étudié la variation de force électromotrice du couple

$$Ni(OH)^3 \mid KOH \text{ à } 25 \text{ pour } 100 \mid H^2$$

en fonction de la température. Il a trouvé les valeurs suivantes :

Minutes après le commencement de l'arrivée de l'hydrogène.	Température en degrés centigrades.	Force électromotrice en volts.
1	10	1,305
2	10	1,305
4	65	1,266
5	65	1,266
7	10	1,305
8	10	1,305

Le coefficient de température est donc négatif et a pour valeur moyenne entre 10° et 65° C. la valeur $-0,0007$ volt par degré.

Connaissant ce coefficient, on peut calculer la force électromotrice par la formule

$$E = \frac{Q}{23110} + \frac{dE}{dT}.$$

La chaleur de réaction Q est celle qui correspond à l'équation de décharge

$$Ni(OH)^3 + H = Ni(OH)^2 + H^2O,$$

en négligeant la chaleur absorbée si, pendant la décharge, de l'eau est enlevée à la lessive de potasse. Cette chaleur peut être négligée, car elle atteint au plus 100 calories et est plus petite que la précision sur la chaleur de formation de l'oxyde de nickel.

L'erreur due au remplacement, dans l'équation, de $Ni(OH)^2, 2H^2O$ par $Ni(OH)^2$ dont la chaleur de formation est connue est extrêmement petite.

La chaleur Q se calcule comme suit, d'après les données de Thomsen :

$$\begin{array}{llr} Ni(OH)^3 & = Ni(OH)^2 + \frac{1}{2}O + \frac{1}{2}H^2O + & 650 \text{ cal.} \\ \frac{1}{2}O + H & = \quad \frac{1}{2}H^2O \text{ (liquide)} & +34150 \text{ cal.} \\ \hline Ni(OH)^3 + H = & Ni(OH)^2 + H^2O & +34800 \text{ cal.} \end{array}$$

En remplaçant Q par sa valeur 34800 calories, l'équation d'Helmholtz donne, à la température de 10° C.,

$$E = \frac{34800}{23110} - (283.0,0007) = 1,308 \text{ volt,}$$

tandis que la mesure indique 1,305 volt. Il y a donc accord entre la théorie et l'expérience, et l'on peut conclure que la matière active positive chargée est $Ni(OH)^3$ qui se réduit à l'état d'hydrate d'oxydule à la décharge.

4° *La décharge de l'électrode-nickel.* — L'auteur a monté l'anode-nickel chargée en regard d'une plaque de nickel et a pris comme électrolyte une solution de potasse à 25 pour 100. Pour décharger l'anode-nickel on disposait l'élément en opposition avec une petite

batterie d'accumulateurs de façon à obtenir un courant constant.

On suivait les variations de tension de l'anode-nickel en décharge à l'aide d'une électrode auxiliaire constituée par une autre anode-nickel ne travaillant pas. Les courbes de la figure 1 montrent les résultats obtenus à différents régimes Sur ces courbes, on a porté en abscisses la quantité d'électricité déchargée et en ordonnées la tension prise entre l'anode et l'électrode auxiliaire. Après une première baisse assez rapide, les courbes accusent un long palier (vers o volt) qui correspond à la réduction de $Ni(OH)^3$. La petite diminution de tension constatée pendant cette période est

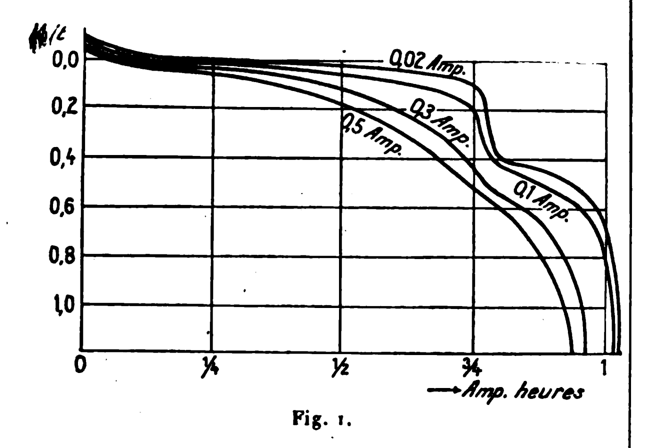


Fig. 1.

due à ce que la solution de potasse devient plus concentrée dans l'électrode, puisqu'il y a absorption d'eau pendant la décharge. On a vu qu'à l'augmentation de concentration correspond une diminution de la force électromotrice. Cette chute est d'autant plus accentuée que l'intensité est élevée, car dans ce cas la diffusion n'a pas le temps d'égaliser les concentrations. Un deuxième palier moins long se constate lors des décharges très lentes.

La chute de tension pendant la décharge est assez facile à calculer. Pour 1 F = 96540 coulombs on a

$$Ni(OH)^3 + 2H^2O = Ni(OH)^2, 2H^2O + \bar{O}H + \oplus.$$

Deux variations surviennent de ce fait dans l'électrolyte : disparition de deux molécules d'eau et apparition d'une molécule OH.

En outre, il faut considérer les variations dues au transport des ions. En appelant n le facteur de transport de l'ion K, n ions K apparaîtront à l'anode et $(1-n)$ ions OH disparaîtront. La variation totale sera donc

$$-2H^2O + 1\bar{O}H + n\overset{+}{K} - (1-n)\bar{O}H = nKOH - 2H^2O.$$

En résumé l'électrolyte s'enrichira de nKOH et s'appauvrira de $2H^2O$. Ces deux molécules d'eau représentent 36g d'eau. Comme dans la potasse à 25 pour 100, il y a 12g KOH dissous dans 36g d'eau, la disparition de 36g H^2O correspond à l'enrichissement de 12g KOH. En remplaçant n par sa valeur 0,26 (relative à une solution normale) on trouve qu'il apparaît à l'électrode pour 1 F = 26,8 amp.-heures

$$0,26 \times 56^g KOH + 12^g KOH = 26^g,6\ KOH.$$

Par ampère-heure, il apparaît donc environ 1g de potasse dans le voisinage immédiat de l'électrode si la diffusion n'a pas le temps d'égaliser les concentrations. En pratique, celle-ci agit et les variations de concentration sont moindres que celle calculée. L'équation

$$\Delta E = naRT \log_{nép} \frac{v_2}{v_1} + 2aRT(v_2 - v_1) \text{ volt},$$

ou

$$\Delta E = 0,058 \log \frac{v_2}{v_1} + 0,19(v_2 - v_1) \text{ volt},$$

relative à la chaîne de concentration considérée ici, permet de déterminer v_2 pour chacune des valeurs mesurées de ΔE.

Avec $v_1 = 0,1$ (potasse à 24 pour 100), on a $v_2 = 0,21$ (potasse à 40 pour 100) pour $\Delta E = 0,04$ volt. Pour $\Delta E = 0,07$ volt, il vient $v_2 = 0,31$ (potasse à 49 pour 100). Dans le cas des courants faibles, pour lesquels la polarisation ne dépasse pas 0,07 volt, il suffit que la concentration double au voisinage de l'électrode pour expliquer cette polarisation. Cette supposition est vraisemblable d'après les calculs précédents. Dans le cas des forts courants, la variation de concentration peut être encore plus grande, la diffusion n'ayant pas le temps d'égaliser les concentrations. Mais ici une partie de la chute de tension provient en outre de l'accroissement de résistance intérieure, car la conductibilité de la potasse diminue quand la concentration croît au-dessus de 30 pour 100.

La chute de tension à la fin n'est pas due à un défaut de matière active mais à ce fait que la potasse devient trop concentrée à l'intérieur de l'électrode et que l'eau nécessaire à la réaction chimique ne peut pas arriver suffisamment vite. On reconnaît bien qu'il n'y a pas défaut de matière au rétablissement de la force électromotrice à circuit ouvert. A ce point de vue l'élément se comporte comme l'accumulateur au plomb.

En ce qui concerne le deuxième palier de la courbe de décharge, on l'a souvent expliqué en admettant la formation d'un oxyde intermédiaire Ni^3O^4, par exemple, entre Ni^2O^3 + NiO. S'il en était ainsi la force électromotrice calculée correspondant à la première réaction (réduction de Ni^2O^3 en Ni^3O^4) ne s'accorderait pas avec l'équation d'Helmholtz.

D'après l'auteur, ce deuxième palier serait dû à l'oxygène occlus dans la plaque. On sait qu'en charge l'oxygène se dégage dès le début de la charge sur la positive. Il est vraisemblable d'admettre qu'une partie de cet oxygène reste occlus dans l'électrode. L'expérience suivante vient confirmer cette hypothèse, si l'on décharge l'élément sous une pression réduite, une partie du gaz occlus s'échappe et la capacité du deuxième palier diminue. C'est bien ce qu'indique la figure 2 dans laquelle la courbe I se rapporte à l'élément déchargé normalement et la courbe II au même élément déchargé sous pression réduite à l'aide d'une trompe à eau. Les

courbes tracées ici correspondent à plusieurs séries d'essais.

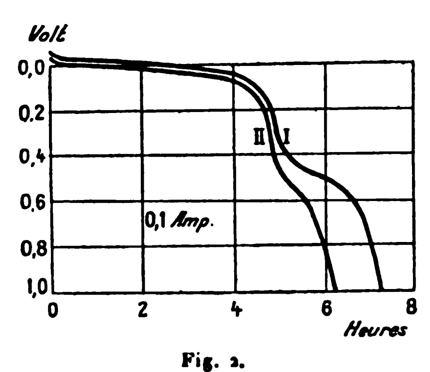


Fig. 2.

De même en chauffant l'électrode pendant quelques heures dans la potasse à la température de 80°C. on trouve que le rapport entre la capacité due au deuxième palier et celle due au premier diminue.

C'est le graphite additionné à l'oxyde qui joue le principal rôle dans l'occlusion de l'oxygène ainsi que le montrent les courbes de la figure 3. La courbe due à

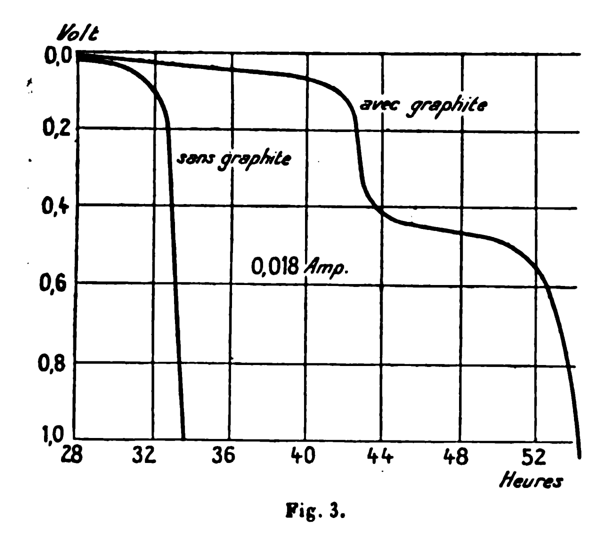


Fig. 3.

l'électrode dont la matière est mélangée de graphite présente seule le deuxième palier. Cependant une petite quantité d'oxygène est occluse dans l'oxyde et peut donner naissance au deuxième palier, à condition de décharger très lentement. C'est ce que montre la figure 4 relative à une toile de platine garnie de l'oxyde de nickel sans graphite et déchargée à 0,003 ampère. L'oxygène est donc occlus en grande partie dans le graphite, en petite quantité dans l'oxyde de nickel et enfin en très petite partie dans l'enveloppe en nickel.

D'après la courbe de la figure 3, on peut calculer la quantité d'oxygène qui a produit le second palier, soit 8 heures à 0,018 ampère ou 0,15 ampère-heure. Cette capacité correspond à $0^{g},044$ d'oxygène ou à 30^{cm^3} de ce gaz. Il est très plausible qu'une telle quantité ait été absorbée.

Après échauffement d'une heure à 80°, la capacité due au deuxième palier baisse de moitié. On peut en conclure que 15^{cm^3} environ d'oxygène ont disparu. Pour vérifier ce point l'auteur a séparé de l'électrode la matière positive chargée; il l'a plongée dans une solution de potasse et, après agitation pour faire disparaître les bulles d'air ou d'oxygène adhérentes, il a porté le tout pendant quelque temps à la température de 80°C.

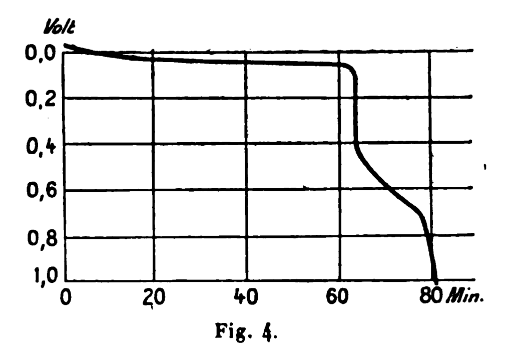


Fig. 4.

Le gaz dégagé était recueilli et analysé; on trouva que c'était de l'oxygène presque pur et que son volume atteignait 18^{cm^3}.

La chute de tension après le deuxième palier est due à l'épuisement de l'oxygène et non, comme dans la première phase, aux variations de concentration. Ce qui prouve ce fait c'est que, si après décharge on laisse longtemps l'élément au repos de façon à faire remonter sa force électromotrice jusqu'à la valeur qui correspond à la première phase, une décharge lente faite ensuite n'accuse plus de second palier. L'oxyde de nickel agit donc seul et il n'y a plus d'oxygène. Cette expérience prouve encore que la deuxième phase de la décharge n'est pas due à un oxyde intermédiaire.

5° *La réversibilité de l'action chimique.* — L'action chimique qui donne lieu à la transformation de $Ni(OH)^3$ en $Ni(OH)^2, 2H^2O$ est réversible. Si la force électromotrice de charge est plus élevée que celle de décharge, cela est dû, comme dans l'accumulateur au plomb, aux variations de concentration. Pour s'en convaincre il suffit d'examiner les courbes de la figure 5.

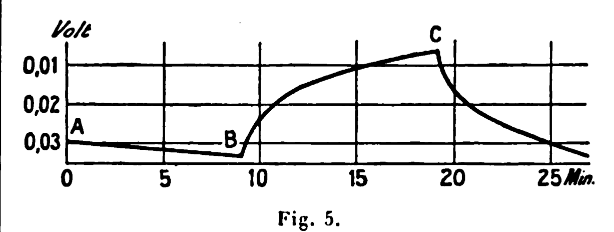


Fig. 5.

Une électrode positive déjà à moitié déchargée était traversée par un courant maintenu constant à 0,1 ampère. La partie AB représente la partie moyenne du premier palier de décharge. En B on inversait brusquement; comme on le voit, la tension n'atteignait pas instantanément la valeur correspondant à la force électromotrice de charge, elle y parvenait lentement. Au point C le courant était à nouveau inversé et la tension

ne revenait également que lentement à sa valeur initiale de décharge. Cela prouve bien la réversibilité à l'électrode positive et que, comme dans l'accumulateur au plomb, les différences de force électromotrice en charge et en décharge sont dues à des variations de la concentration.

En répétant la même expérience pour le deuxième palier de la courbe, mais avec une intensité plus faible, on trouvait la courbe tracée en figure 6. La partie AB

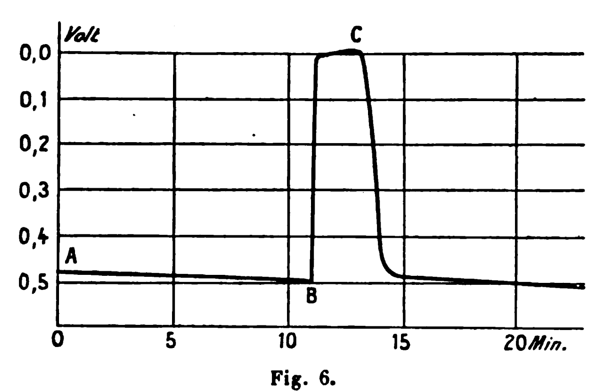


Fig. 6.

représentait le milieu du deuxième palier de décharge. L'inversion en B faisait monter brusquement la tension à la valeur correspondant à la première phase. Ceci se comprend aisément : pendant la décharge en AB, c'est l'oxygène qui agit; mais cette action n'est pas réversible et pendant la période de charge BC c'est l'hydrate d'oxydule de nickel préalablement formé qui se transforme en hydrate d'oxyde.

En reprenant la décharge en B la tension ne tombe plus brusquement, car la petite quantité d'hydrate d'oxyde de nickel formée pendant la charge agit à nouveau avant la décharge de l'oxygène. On en conclut aussi que l'utilisation de la deuxième phase de décharge n'est pas économique à cause de la grande différence entre les forces électromotrices de charge et de décharge dans ce cas.

6° *Résumé.* — Les résultats de cette étude peuvent se résumer comme suit :

1° L'anode de l'accumulateur au nickel renferme à l'état chargé l'hydroxyde $Ni(OH)^3$ et, à l'état déchargé, l'hydroxydule $Ni(OH)^2, 2H^2O$;

2° Comme, pendant le fonctionnement, de l'eau est enlevée à l'électrolyte, la force électromotrice dans les solutions étendues est plus élevée que dans les solutions concentrées. La force électromotrice du couple

$$Ni(OH)^3 \mid KOH \mid H$$

prend comme valeur $E = 1,323 - 0,1v$ pour les concentrations supérieures à 24 pour 100;

3° L'action réversible à l'électrode peut se représenter par

$$Ni(OH)^3 + 2H^2O \rightleftharpoons Ni(OH)^2, 2H^2O + \bar{O}H + \oplus;$$

4° Cette formule est vérifiée par le calcul de la force électromotrice à l'aide des chaleurs de réaction et du coefficient de température;

5° La première phase de décharge correspond à la décharge de $Ni(OH)^3$. La baisse lente de tension est due à l'augmentation de concentration dans l'électrode et à l'accroissement de résistance intérieure;

6° La deuxième phase de la décharge est due à l'oxygène occlus. Après elle la chute de tension est due au défaut de substance active. Dans la courbe de charge il n'existe pas de partie correspondant à cette deuxième phase de décharge;

7° Le rétablissement de la force électromotrice est dû à la diffusion. L. J.

USINES ÉLECTRIQUES.

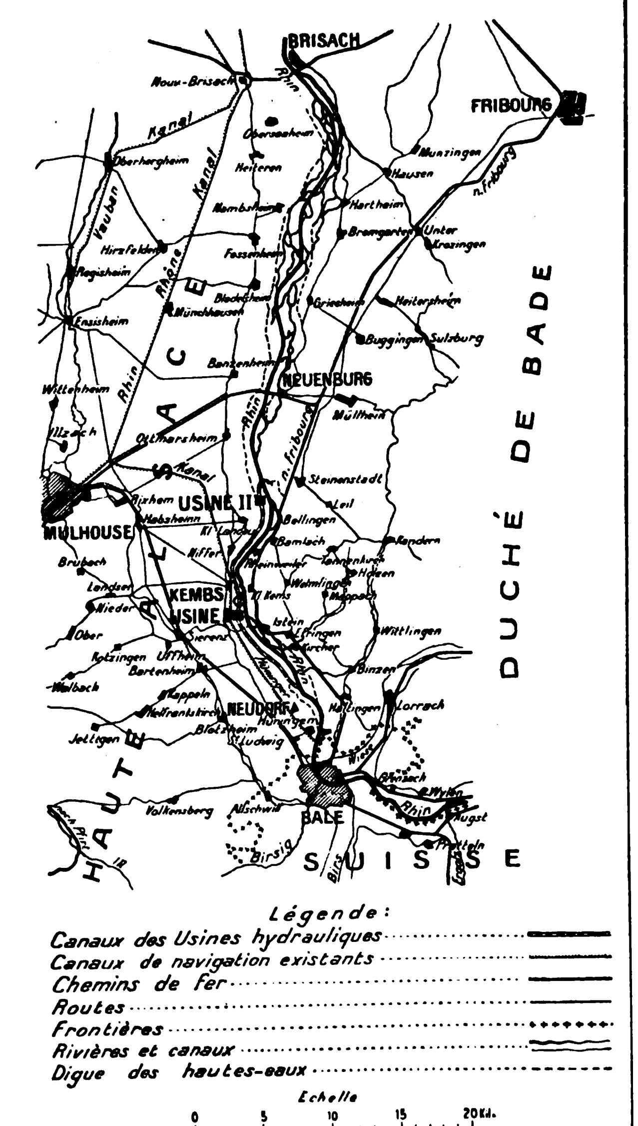
Projet d'utilisation de la force motrice du Rhin, par René KOECHLIN (Communication faite à la Société industrielle de Mulhouse). — Dès 1892, M. R. Koechlin avait songé à utiliser la force motrice du Rhin dans les environs de Mulhouse afin de fournir à la ville de Bâle l'énergie électrique qui lui était nécessaire. L'avant-projet qu'il établit à cette époque prévoyait la transmission d'une puissance d'environ 9000 chevaux. Mais, par les dépenses considérables de premier établissement qu'il nécessitait, ce projet ne présentait pas une économie suffisante dans le prix de revient de l'énergie, par rapport à celui de l'énergie produite par des machines à vapeur, pour qu'il fût possible de le réaliser.

En 1901, M. Koechlin commença à étudier, en collaboration avec M. Potterat et la maison Havestadt et Contag, un nouveau projet d'utilisation plus complète des forces motrices du Rhin entre la frontière suisse, en aval de Bâle, et Brisach, en Alsace. Ce sont les conclusions de cette étude que M. Koechlin expose dans sa communication. En voici les points principaux :

La puissance totale du Rhin en basses eaux, entre Bâle et Vieux-Brisach, dépasse 150000 chevaux, dont la moitié environ est utilisable en amont du pont de Neuenburg, l'autre moitié l'étant en aval, soit dans les établissements industriels de la Haute-Alsace, soit dans ceux du Grand-Duché de Bade. Toutefois, comme le centre industriel de l'Alsace est plus au sud que celui du Grand-Duché de Bade, l'utilisation de la puissance disponible en amont de Neuenburg se ferait surtout en Alsace. Pour cette raison et aussi à cause des montagnes qui, en certains endroits, bordent la rive badoise du fleuve dans cette région, le projet prévoit que la captation de la puissance en amont de Neuenburg se fera au moyen d'un canal d'amenée et d'usines établis sur le territoire alsacien. Pour des raisons semblables les canaux d'amenée et usines d'aval seraient établis sur la rive badoise. La configuration des rives se prête d'ailleurs à la création de trois chutes successives en amont et de deux ou trois en aval; celle de ces dernières qui se trouve la plus au nord, à Brisach, serait utilisée pour alimenter Fribourg. Pour le moment le projet prévoit seulement la captation d'une partie de la puissance disponible en amont de Neuenburg au moyen de deux usines de 32000 et 30000 chevaux.

Un barrage mobile serait construit un peu en aval de Neudorf, à une distance assez grande de la frontière suisse (5900^m) pour que le remous produit ne puisse se faire sentir au delà de cette limite. Cet emplacement

est d'ailleurs dans des conditions favorables et se trouve à une altitude suffisante pour qu'il soit possible d'utiliser le canal d'amenée à l'alimentation du canal de Huningue vers l'écluse n° 4, à Kembs, ce qui répondrait à un désir du gouvernement d'Alsace-Lorraine.



Le barrage mobile, dont l'étude a été faite en collaboration avec la Vereinigte Maschinenfabrik d'Augsburg et de Nuremberg, aurait 200^m de longueur et comprendrait six travées de 30^m. Les seuils de ces travées seraient arasés à des cotes légèrement différentes, plus faibles au milieu du fleuve que sur les bords, afin de mieux épouser le profil du fleuve et de lui conserver, en temps de crue, alors que les vannes seraient baissées, son débouché actuel. Ces vannes, d'une hauteur de $3^m,50$, $3^m,75$ ou 4^m suivant les travées, seraient constituées par un cylindre et un tablier métallique flexible, ce tablier étant fixé au seuil par son bord inférieur et au cylindre par son bord supérieur.

Le canal d'amenée serait en grande partie établi dans la zone comprise entre le fleuve et les digues construites pour préserver les terrains riverains contre les inondations ; il serait constitué par deux digues arasées à plus de 2^m au-dessus du niveau des hautes eaux ordinaires au barrage. La prise dans le Rhin se ferait sur une longueur de 190^m et une profondeur de 3^m de manière que l'eau entre à faible vitesse dans le canal qui irait ensuite en se rétrécissant et s'approfondissant jusqu'au profil normal de 65^m de largeur au plafond et $5^m,50$ de profondeur. La longueur de ce canal jusqu'à la première usine serait de 6460^m. La hauteur de chute disponible atteindrait $10^m,85$.

La puissance installée à l'usine serait, comme il a été déjà dit, de 32000 chevaux. Pendant les basses eaux, le débit du fleuve, qui est alors d'environ 300 m^3 : sec, ne peut guère donner que 27000 chevaux ; mais il serait néanmoins possible d'avoir 32000 chevaux pendant les 2 ou 3 heures de forte consommation, en utilisant comme réservoir le canal d'amenée et la retenue d'eau derrière le barrage. L'usine contiendrait 12 turbines à axe vertical du type Francis, fournies par Escher-Wyss et Cie et attelées directement à des alternateurs triphasés, 50 périodes par seconde, 3000 volts.

Lors de l'installation de la seconde usine, le canal de fuite de la première constituerait le canal d'amenée de la seconde.

BREVETS RÉCENTS (1).

Transformateurs. — Wood. USAP. 822332, 15 nov. 1904 (bobine d'induction). — *Accessoires :* Bryant. BF. 365711, 27 avril 1906 (trembleur pour bobines d'induction). — Dow. USAP. 821028, 13 mars 1905 (vibreur). — Drissler. BF. 365359, 18 avril 1906 (perfectionnements dans les localisateurs des rayons X employés en radiothérapie). — Marconi's Wireless Telegraph Company. BP. 16656, 1905 (trembleur). — Neu. BF. 365390, 18 avril 1906 (dispositif de protection pour transformateurs électriques). — Turner. BP. 16324, 1905 (rupteur).

Divers : Moss. USAP. 820238, 17 mars 1905 (turbine alimentée par du gaz tonnant allumé dans une série de cylindres).

---

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt ; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRACTION ET LOCOMOTION.

FREINAGE DES VOITURES DE TRAMWAYS.

Résultats d'essais de freinage. — Ainsi qu'il était annoncé dans l'article consacré à cette question dans le précédent numéro, nous donnons ci-dessous les résultats de quelques-uns des essais de freinage signalés par les Compagnies exploitantes dans leurs réponses aux questionnaires adressés en 1903 et 1905 par l'Union internationale; nous y joignons ceux des essais exécutés par M. Feel et présentés le 10 janvier 1906 à la Tramways and Light Railways Association. Faute de pouvoir les classer d'une façon logique, nous avons adopté, comme l'a fait l'Union internationale, le classement par ordre alphabétique des noms des villes où se trouve le siège des Compagnies ayant procédé à ces essais.

Barcelone (*Tramvias de Barcelona a San Andres y extensiones*). — Cette Compagnie exploite depuis 4 ans un réseau de 28^{km}, avec voies de 1^{m}, ne présentant pas de pentes importantes (une pente de 36^{mm} par mètre sur 110^{m}). Elle possède 48 voitures motrices dont 30 à deux essieux et 2 moteurs, pesant 5 tonnes et munies du frein à disques Sperry à 5 crans de serrage et 18 à bogies, 2 moteurs, avec frein à air Westinghouse; les voitures d'attelage sont au nombre de 58, dont 2 à bogies avec frein Westinghouse et 56 à deux essieux dont 18 avec frein à solénoïde guénée et frein à air Westinghouse. Pendant le dernier exercice le nombre de kilomètres-motrices a été de 1506705 et celui des kilomètres-remorques de 724576.

Des essais faits en présence des ingénieurs du gouvernement espagnol ont donné les résultats suivants :

a. Un train composé d'une automotrice à bogies du poids de 12 tonnes et d'une remorque de 3 tonnes, équipées chacune du frein Westinghouse, lancé à une vitesse de 35 km:h, a été arrêté en palier sur une longueur de 14^{m}; la voie était propre et le temps sec.

b. Un train composé d'une automotrice à 2 essieux pesant 7,5 tonnes, munie du frein Sperry, et d'une remorque de 3 tonnes avec frein Guénée, lancé à la vitesse de 25 km:h, a été arrêté sur une longueur de 10^{m} en palier: voie très sèche.

Berlin (*Grosse Berliner Strassenbahn A. G.*). — La substitution de la traction électrique à la traction animale date de mars 1898. Les lignes exploitées, à écartement de $1^{m},435$, ont une longueur de $497^{km},7$.

Au 31 décembre dernier, le nombre des voitures motrices atteignait 1440, dont 917 à deux essieux pesant 8,5 tonnes et 523 à bogies pesant 12,3 à 13 tonnes, chacune équipée de deux moteurs. 779 d'entre elles, dont 121 à bogies et 658 à deux essieux, possèdent le frein électromagnétique à disque. Des 121 voitures à bogies 50 ont quatre freins et 71 deux freins; 2 voitures sont pourvues du frein à solénoïde, l'une du système Siemens et Halske, l'autre du système Kramer. 658 voitures dont 401 à bogies et 257 à deux essieux possèdent le frein à air Böcker; la compression de l'air est obtenue pour 196 voitures par un compresseur à excentrique et pour 463 voitures par un compresseur à roue dentée. La Compagnie possède, en outre, 1 voiture (pour essais) munie d'un frein électromagnétique et d'un frein à air. Les voitures à freins électromagnétiques ont des régulateurs à cinq ou sept touches de freinage, présentant les résistances intercalaires suivantes : 2,91, 2,30, 2,14 et 0,90 ohms pour les régulateurs à cinq touches; 4,41, 2,40, 1,38, 0,92, 0,84 et 0,42 ohms pour les régulateurs à sept touches.

Les voitures d'attelage sont au nombre de 972, toutes à deux essieux; 509 voitures possèdent un frein électromagnétique à disque; 1, un frein à solénoïde; 453, le frein à air Böcker. De plus, 1 voiture comporte simultanément un frein à air Böcker et un frein à solénoïde Kramer, 8 autres un frein à air et un frein électromagnétique à disques.

Pendant le dernier exercice, on a relevé 55109992 kilomètres-motrices et 19405736 kilomètres-remorques.

Les résultats des essais de freinage sont résumés dans le Tableau suivant :

NATURE de la motrice.	NATURE de la remorque.	POIDS de la motrice.	POIDS de la remorque.	SYSTÈME DE FREINS employés.	ÉTAT des rails.	LONGUEUR DE FREINAGE pour une vitesse de 16 km:h.	LONGUEUR DE FREINAGE pour une vitesse de 25 km:h.
2 essieux	″	8,5 t	″	Frein électromagnétique avec simultanément frein à main	Sec et répandage de sable	6 à 10 m	12 à 20 m
2 essieux	2 essieux	8,5	3,8 t	Id.		10 à 12,5	12 à 20
Bogies	″	13	″	Id.		6 à 10	10 à 16
Bogies	2 essieux	13	3,8	Id.		7 à 10	12 à 16
2 essieux	″	8,5	″	Frein à air		4 à 8	12 à 16
2 essieux	2 essieux	8,5	3,8	Id.		8 à 12	16 à 26
Bogies	″	13	″	Id.		5 à 8	10 à 16
Bogies	2 essieux	13	3,8	Id.		6 à 10	15 à 18

BRESLAU (*Breslauer Strassen-Eisenbahn Gesellschaft*). — Le réseau de cette Compagnie, établi de août 1901 à février 1903, comprend $31^{km},6$ de ligne à voie normale. Il est desservi par 150 voitures motrices (50 à bogies et 100 à deux essieux) et par 191 voitures de remorque; voitures motrices et voitures d'attelage sont toutes munies du frein électromagnétique Sperry sur deux essieux. Le régulateur de freinage des motrices à bogies comporte sept touches de freinage auxquelles correspondent les résistances 8,87, 5,96, 3,56, 2,18, 1,26, 0,84 et 0,42 ohms; celui des motrices à deux essieux n'a que cinq touches de freinage avec des résistances de 10,37, 5,96, 3,56, 2,18, 1,26, 0,84 et 0,42 ohms. Le nombre des kilomètres-voitures est de 5306917 pour les motrices et 1907635 pour les remorques.

Cette Compagnie a fait, à la demande des autorités et en présence de celles-ci, quelques essais de freinage avec le frein Sperry. Ces essais eurent lieu sur un tronçon en ligne droite et en palier; le temps était sec, les rails sablés; ci-dessous les résultats de ces essais :

a. Motrice à deux essieux; poids à vide, 8980^{kg}; vitesse, 15 km:h; longueur de freinage, 7^m.

b. Train composé d'une voiture motrice à deux essieux, d'une voiture d'attelage fermée et d'une voiture d'attelage ouverte; poids total, 14880^{kg}; longueur de freinage, 18^m pour la vitesse de 17 km:h et 5^m pour la vitesse de 5 km:h.

c. Train composé d'une voiture motrice à bogies et d'une voiture d'attelage fermée; poids total, 13820^{kg}; longueur de freinage, 8^m pour une vitesse de 13 km:h et 3^m pour une vitesse de 9 km:h.

BRUXELLES (*Les Tramways bruxellois*). — Le réseau comporte 91^{km} de lignes exploitées électriquement. L'écartement des rails est de $1^m,435$; le profil est assez accidenté (pente de 72^{mm} par mètre sur quelques mètres). Les voitures motrices, au nombre de 267, sont toutes à deux essieux et pèsent 8,5 tonnes; 47 sont munies du frein à air Westinghouse. Les voitures de remorque pèsent 2,8 à 3 tonnes; elles sont au nombre de 500, dont 72 sont équipées du frein Westinghouse.

Il a été procédé à différents essais de freinage avec diverses voitures du type normal de 8,5 tonnes à vide. La moyenne de ces essais a donné, pour des rails glissants, en palier, sans remorque :

Frein à main : voiture lancée à 21 km:h, arrêt sur $14^m,80$.

Frein à air Westinghouse : voiture lancée à 22,8 km:h, arrêt sur $15^m,66$.

CASSEL (*Grosse Casseler Strassenbahn A. G.*). — Réseau de $22^{km},2$, avec voie à écartement normal, à profil assez accidenté, exploité électriquement depuis décembre 1898. 60 voitures motrices à deux essieux pesant de 9,1 à 11,3 tonnes et équipées avec moteurs Siemens et Schuckert; toutes sont munies d'un frein à court-circuit utilisé comme frein de service. 32 voitures d'attelage à deux essieux pesant de 4 à 6,3 tonnes. Motrices-km, 2250273; remorques-km, 253912.

Les essais de freinage effectués par cette Compagnie ont donné les résultats suivants :

	Déclivité de la descente.	Vitesse.	Longueur de freinage
		km:h	m
Motrice de $11^t,3$, à vide. Rail humide.	1:38	20	11
	1:44	28	28
	1:38	24	12,5
	1:39	15	11,5
Motrice de $11^t,3$, remorque de $6^t,3$, à vide. Rail humide.	1:23	25	20
	1:38	15	12
	1:38	25	15
	—1:339	18	10
Motrice de $9^t,1$ av. charge de 2250^{kg}. Rail sec.	1:38	20	12
	1:38	25	8,5
	1:125	15	6,5
	1:1000	20	8
	—1:167	6	5
	1:167	15	9
	1:125	25	6,5
Motrice de $11^t,3$, charge de 1500^{kg}; remorque de $6^t,3$, charge de 1650^{kg}. Rail sec.	1:44	20	9
	1:38	25	9,2
Motrice de $9^t,1$, remorque de $6^t,3$, à vide. Rail sec.	1:250	8	6,5

Tous ces essais ont été faits avec sablage des rails. Les deux nombres de la seconde colonne précédés du signe — indiquent que l'essai s'effectuait en rampe.

COPENHAGUE (*De Kjobenhavnske Sporveje*). — 60^{km} de lignes à écartement normal. 245 voitures motrices dont 15 à bogies; toutes ces voitures possèdent un frein à court-circuit à cinq touches de freinage; pour 83 les

VITESSE.	LONG^r de freinage.	ÉTAT DU RAIL.	SYSTÈME DE FREIN.
km:h	m		
20,4	9,5	Légèrement gras	A court-circuit
21,0	16,6	Id.	Id.
19,8	5,6	Id.	Électromag. à patins
20,4	8,7	Id.	Id.
20,4	6,0	Id.	Id.
19,5	16,0	Id.	A main
20,1	15,7	Id.	Id.
19,3	10,3	Id.	A court-circuit
20,1	8,6	Id.	Id.
19,8	5,5	Id.	Électromag. à patins
21,0	8,1	Humide	Id.
19,6	8,2	Sèche peu à peu	Id.
20,1	6,8	Id.	Id.
20,4	12,7	Id.	A court-circuit
20,4	6,9	Id.	Électromag. à patins
19,8	10,6	Id.	A court-circuit
19,6	6,4	Id.	Électromag. à patins
19,6	5,3	Id.	Id., avec répandage de sable
18,8	7,2	Id.	A court-circuit avec sable

résistances sont 6,7, 4,4, 2,7, 1,0 et 0,0 ohms, et pour les autres 10,7, 6,3, 2,5, 1,2 et 0,0 ohms; en outre, le frein électromagnétique à patins de l'Union Elektricitäts Gesellschaft est à l'essai sur 20 voitures. 85 voitures d'attelage à deux essieux convergents toutes munies d'un frein électromagnétique agissant sur les deux essieux. 60 voitures anciennes à deux essieux dont 50 possèdent un frein à solénoïde agissant sur les deux essieux. 10041962 motrices-km et 3941887 remorques-km.

Le 26 septembre 1901, on a procédé à des essais de freinage, au moyen d'une voiture motrice pesant 9450^{kg}, sur une ligne en palier. Les essais eurent lieu au moyen du frein à main, du frein à court-circuit et du frein à patins. Le Tableau précédent donne le résultat de ces essais.

Dresde (*Städtische Strassenbahn in Dresden*). — Réseau de 53^{km},5 exploité électriquement depuis 1893; voie à écartement de 1^{m},45. 210 voitures motrices à 2 essieux pesant de 5^{t},5 à 7^{t},6; 147 d'entre elles munies du frein à court circuit avec 4 touches de freinage auxquelles correspondent les résistances 7,1, 3,4, 1,45 et 0,61 ohms; 58 autres avec frein électromagnétique à disques, modèle Siemens et Halske, et 5 avec frein Sperry, 99 voitures d'attelage à 2 essieux dont 92 avec un frein à disques et 7 avec frein à solénoïde, 8144725 motrices-kilomètres et 1259114 remorques-kilomètres.

La Compagnie a procédé à des essais comparatifs sur le frein à court-circuit, le frein mécanique, le frein magnétique et le frein à solénoïde. Les essais au moyen des trois premiers de ces freins ont eu lieu sur un tronçon de ligne présentant une déclivité de 1 : 316.

A. *Comparaison entre le frein à main et le frein à court-circuit.*

(Temps : pluie. — Vitesse : 23^{km} : h,5.)

Longueur de freinage.	Remarques.
m	
11,75	Seulement électriquement; 3 puis 4 touches.
10,75	Id.
11,00	Seulement électriquement; passage rapide sur 4 touches.
11,00	3 puis 4 touches; en même temps répandage de sable; mise en action du frein à main sitôt après le fonctionnement de la sablière.
11,25	Id.
10,00	3 puis 4 touches; en même temps répandage de sable; mise en action du frein à main peu après le fonctionnement de la sablière.
9,75	Id.
10,50	Id.
14,50	Le frein à main seul.
13,50	Id.
13,50	Id.

Etat du rail : glissant.

44	Frein à main seul; les roues cessaient de tourner dès la mise en action du frein.
34	Id.
30	Id.
30	Id.
25	Frein à main et en même temps 3 à 4 touches.

B. *Frein à solénoïde.*

Vitesse.	Intensité de courant.	Effort moyen de freinage (compris frottements de la voiture).
km : h	amp	kg
23,76	28	50,8
25,80	34	66
25,80	33	78
26,40	38	84
25,80	38	91,8
26,40	48	94
25,80	49	95,3
24,80	64	102
26,40	64	120
27,00	75	137

Dans l'essai de freinage en cas de danger, la voiture s'arrêta sur une longueur de 17^{m}; alors que par le frein à main l'arrêt ne fut obtenu que sur 23^{m}.

C. *Frein magnétique.* — La force attractive du frein magnétique s'éleva jusqu'à 575^{kg}; il fut de plus reconnu que les freins magnétiques annihilaient complètement la force vive de la voiture d'attelage.

Dresde (*Dresdener Strassenbahn*). — La longueur des lignes en exploitation est de 56^{km},2, avec écartement de 1^{m},45.

Les voitures motrices, toutes à 2 essieux, comprennent : 35 voitures du poids de 6^{t},7, munies du frein à court-circuit et, sur un essieu, d'un frein à disque; le régulateur comporte 5 touches de freinage à résistances intercalaires de 0,8, 1,5, 2,5 et 3,5 ohms; 100 voitures pesant 9^{t},5, avec frein à court-circuit à 5 touches de freinage comme ci-dessus; 25 voitures pesant 9^{t},5, avec frein à court-circuit à 6 touches, la résistance intercalaire supplémentaire étant de 0,3 ohm; 40 voitures du poids de 7^{t},5 avec frein à 6 touches comme ci-dessus; 3 voitures avec frein comme les précédentes; l'une d'elles comportant en outre un frein à solénoïde système Thode. Ces divers groupes de voitures diffèrent par les moteurs qui ont été fournis, soit par l'U. E. G., soit par Siemens-Schuckert.

Des voitures d'attelage au nombre de 175 et dont les poids varient entre 3^{t},5 et 4^{t},5 : 169 sont munies de freins électromagnétiques à disques de types différents (Union, Siemens, Raskke) agissant sur les 2 essieux; les 6 autres ont été, à titre d'essai, équipées avec frein à solénoïde.

Dans sa réponse au questionnaire, la Compagnie s'exprime comme il suit au sujet des essais de freinage qu'elle a effectués :

« Les essais du frein à court-circuit auxquels nous avons procédé nous ont donné de bons résultats : nous avons pu constater, pour un rail sec, des ralentissements allant jusqu'à 2^{m},4 par seconde. Lorsque la surface des rails était humide, la longueur de freinage était doublée et même triplée.

» Nous avons également procédé à des essais minutieux sur les propriétés du frein électromagnétique à disques. Nous avons lancé sur la voie une voiture d'attelage munie d'un frein à disques, lequel recevait une excitation permanente par une batterie d'accumulateurs que portait la voiture; le courant d'excitation présentait, d'une façon constante, une intensité de 60 ampères; les enroulements des freins de la voiture étaient

connectés en série, pour autant que la résistance des freins, mesurée aux bornes de connexion, restait en dessous de 0,6 ohm. Les surfaces des disques avaient été préalablement présentées au tour et nettoyées de toute trace de graisse ou d'huile; ces surfaces ne présentent cependant aucune rugosité.

» A chaque essai, l'action du frein fut mauvaise; les longueurs de freinage variaient entre 60^m et 100^m, correspondant à des ralentissements de $0^m,27$ à $0^m,37$ par seconde.

» Lorsque les surfaces de contact des disques présentaient plus de rugosité, l'action des freins était meilleure; mais il n'était naturellement pas possible d'obtenir cette rugosité d'une façon permanente en service; de plus, ces freins occasionnaient un bruit pareil à un sifflement qui, il est vrai, disparaissait lorsque les disques étaient graissés; ce graissage des disques présentait, par contre, le grand inconvénient d'augmenter encore davantage les longueurs de freinage.

» Nous procédâmes enfin à des essais de freinage au moyen des freins à solénoïde et au moyen du frein à ruban.

» Les résultats de ces essais sont résumés dans les deux Tableaux suivants :

TYPE DE LA VOITURE et système de frein employé.	VITESSE en kilomètres à l'heure.	LONGUEUR de freinage en mètres.	RALENTISSEMENT en mètres par seconde.	ÉTAT DU RAIL.
Voiture motrice, poids 8000^{kg} :				
a. Frein à court circuit..................	21,00	8,2	2,05	Sec.
b. Frein à main..........................	21,00	10,2	1,64	Sec.
Voiture motrice et voiture d'attelage, poids total $8000 + 4500 = 12500^{kg}$..............	21,00	9,6	1,74	Sec.

SYSTÈME DU FREIN.	POIDS de la voiture en kilogr.	VITESSE en kilomètres à l'heure.	COURANT de freinage en ampères.	DURÉE jusqu'à l'arrêt en secondes.	LONGUEUR de freinage en mètres.	FORCE de freinage en kilogr.	RALENTISSEMENT en mètres par seconde.	ÉTAT du rail.
Frein à disques, système Union.	5000	22,5	60	23,6	73	137	0,27	Sec.
Frein à disques, système Siemens......................	5000	23,5	60	16,5	57	184	0,37	Sec.
Frein à solénoïde Thode......	5000	23,4	60	4,2	13,5	780	1,50	Sec.
	4000	22,5	60	3,8	12,0	670	1,68	Sec.
Frein à ruban, système Dolter.	5000	22,0	60	3,6	10,5	860	1,90	Sec.

» Le premier de ces Tableaux se réfère aux essais obtenus au moyen d'une voiture motrice seule et d'un train composé d'une voiture motrice et d'une voiture d'attelage; le second Tableau se réfère aux essais obtenus par une voiture d'attelage seule. »

FLORENCE (*Società dei Tramways fiorentini*). — Des essais faits avec le frein à main, le frein électromagnétique et le frein à main simultanément, enfin le frein à contre-courant ont fourni les résultats suivants :

	Longueur de freinage.		
Vitesse.	Frein à sabots.	Freins électromagnétique et à sabots.	Frein à contre-courant.
km : h	m	m	m
5	3,7	1,90	3,06
6	4,72	2,62	4,00
7	5,80	3,06	5,00
8	6,87	3,95	5,92
9	8,04	4,91	7,03
10	9,34	5,94	8,00
11	10,30	6,96	9,44
12	11,56	8,10	10,30
13	12,50	9,73	11,80

FRANCFORT (*Städtische Strassenbahn Frankfurt a. M.*). — Réseau de 42^{km} à écartement de $1^m,43$; 234 voitures à 2 essieux, 2 moteurs, plus 7 voitures postales à 2 essieux, 1 moteur. Toutes ces voitures, à l'exception de deux qui sont munies d'un frein à solénoïde, possèdent un frein à court-circuit à 5 touches de réglage dont les résistances sont 11,6, 7,4, 5,3 et 2 ohms pour les voitures ordinaires et 17,3, 11,3, 6, 3 et 1,1 ohms pour les voitures postales. Des 189 voitures de remorque, 31 sont munies d'un frein à solénoïde. Le nombre des motrices-kilomètres a été de 10158537, celui des remorques-kilomètres de 3808846.

En mai 1905, on procéda à des essais en présence des autorités; ces essais ont donné les résultats suivants :

Composition du train : 1 voiture motrice pesant 9000^{kg}; 1 voiture d'attelage fermée pesant 4870^{kg}; 1 voiture d'attelage ouverte pesant 2250^{kg}; au total 16120^{kg}.

La voiture motrice et la voiture d'attelage fermée furent freinées électriquement; la voiture motrice fut également freinée à la main. La voiture motrice était équipée de 2 moteurs Siemens-Schuckert type D 540. La sablière desservait les deux rails. Le train était

chargé de 10 personnes. Le rail était sec. La ligne d'essai était à peu près horizontale.

Vitesse. km : h	Longueur de freinage. m	Observations.
21	7,7	Le frein à main, le frein à court-circuit et la sablière agissent simultanément.
21	7,5	
21	6,7	
27	10,6	
19,5	8,8	Le frein à main et la sablière agissent seuls.

Une seconde série d'essais fut faite avec la voiture motrice seule. La vitesse était de 20 km : h. Avec le frein à main et la sablière agissant seuls, la longueur minimum de freinage a été de 5^m; en faisant agir en même temps le frein à court-circuit, cette longueur put être réduite à $2^m,8$.

Gênes (*Unione italiana tramways elettrici Genova*).—Le réseau, de $122^{km},3$ à voie de 1^m, est exploité au moyen de 195 voitures motrices à deux essieux avec frein à court-circuit et 100 voitures de remorque avec frein à main et frein à compression de butée. Les anciennes voitures motrices n'ont que 2 touches de freinage, les nouvelles de 5 à 7; la résistance de la première touche est de 9 ohms, celle de la dernière de 0,5 ohm. En 1904, le trajet a été de 7335153 motrices-km et 1458836 remorques-km.

I. — *Voiture freinée à la main.*

Longueurs de freinage obtenues.

	Voiture d'attelage non freinée.	Voiture d'attelage freinée par le frein par compression de butée.	Voiture d'attelage freinée par le frein à main.
	m	m	m
	13	10	10
	15	10	10
	15	13	10
	15	12	9
	15	9	10
	15	11	10
	16	10	10
	14	10	9
	15	11	10
	12	10	8
Moyenne.	14,5	10,6	9,6

II. — *Voiture motrice freinée électriquement.*

Longueurs de freinage obtenues.

	Voiture d'attelage non freinée.	Voiture d'attelage freinée par le frein par compression de butée.	Voiture d'attelage freinée par le frein à main.
	m	m	m
	9	7	6
	7	7	5
	8	7	8
	7	6	6
	8	5	5
	7	6	5
	9	7	6,5
	8	6	6
	10	8	6
	7	7	7
Moyenne..	8	6,6	6,05

On a procédé à des essais de freinage afin de déterminer l'influence du freinage ou non-freinage des voitures d'attelage sur la longueur d'arrêt des trains. Ces essais sont résumés dans les Tableaux ci-dessus.

Poids de la voiture motrice à vide : 9 tonnes.

Poids de la voiture d'attelage en charge : 4,2 tonnes.

Vitesse 15 km : h ; état des rails : sec; pente : 1 pour 100.

Glasgow (*Glasgow Corporation tramways*). — Le réseau, en exploitation complète depuis 1901, a 122^{km} de longueur, avec écartement normal des rails. Les pentes sont assez fortes. Les voitures motrices, au nombre de 7 seulement, sont à 2 essieux, pèsent de 8,6 tonnes à 9,6 tonnes et sont équipées du frein magnétique à patins Westinghouse avec régulateurs de marche à 5 et 7 touches de freinage. Il n'y a pas de voitures d'attelage.

Avant de généraliser l'adoption du frein à patins Westinghouse, il a été procédé à des essais dans les conditions climatériques les plus diverses. Les chiffres ci-dessous peuvent être considérés comme représentant les résultats moyens de ces nombreux essais sur une pente de 5 pour 100 avec une voiture pesant 9 tonnes à 10 tonnes.

Vitesse. km : h	Longueur de freinage. m
17,3	17,5
19,5	14,1
12,9	15,7
9,7	7,2

Grenade. — Le réseau, à 1^m d'écartement des rails, n'a que $9^{km},8$ de longueur. Il est exploité au moyen de 14 voitures motrices à deux essieux, dont 13 munies du frein à court-circuit et 1 d'un frein à solénoïde, de 24 voitures de remorque à 2 essieux, dont 1 avec frein à solénoïde.

Voici les résultats de quelques essais faits par temps humide avec le frein à court-circuit :

Poids du train. kg	Vitesse. km : h	Nombre des voitures.	Longueur de freinage. m	Pentes. pour 100
7700	17	1	7,5	0
7700	15	1	10	3
10200	18	2	16	0
10200	14	2	18	4
23000	20	3	32	0

Hambourg (*Strassen-Eisenbahn Gesellschaft*). — Réseau important de $154^{km},3$, à écartement normal, desservi par 608 voitures motrices (557 à 2 essieux, 1 à 4 essieux, 50 bogies) équipées de 1 ou 2 moteurs de différents modèles et 439 voitures d'attelage. 394 des voitures motrices sont munies du frein à court-circuit, avec 5 ou 6 touches de freinage; 211 un frein électromagnétique à disques placé sur l'essieu porteur; toutes les voitures à 1 ou 2 moteurs comportent, pour le frein à court-circuit ou le frein à disques, une sixième touche ou une septième touche permettant le passage direct du courant du fil de travail dans les moteurs. Toutes les voitures d'attelage ont un frein à disque sur chacun des deux essieux.

Les essais de freinage ont donné toute satisfaction.

Parmi les résultats obtenus, nous ne relèverons que les suivants : une voiture motrice et une voiture de remorque, d'un poids total de 12,56 tonnes, marchant en palier à une vitesse de 22 km : h, ont été arrêtées sur $6^m,10$, avec rails sablés, sur $11^m,70$ avec rails non sablés et secs, et sur $26^m,80$ avec rails humides.

HELSINGBORG (*Helsingborgs Stade Sparvagar*). — Petit réseau de $5^{km},4$ desservi par 15 voitures avec frein à court-circuit, à 5 touches de freinage.

Le Tableau suivant résume les résultats moyens obtenus sur une ligne en palier au moyen d'une voiture motrice pesant 9,1 tonnes.

Vitesse.	État du rail.	Longueurs de freinage. Frein à main. Sans sable.	Frein à main. Avec sable.	Frein à court-circuit. Sans sable.	Frein à court-circuit. Avec sable.	Les deux freins simultanément. Sans sable.	Les deux freins simultanément. Avec sable.
km : h		m	m	m	m	m	m
26	humide	16	12	14	13	9	8
24	sec	9,5	9	11	10	8,5	8

LONDRES (*London County Council's Tramways*). — M. A.-L.-C. Fell, ingénieur en chef, a fait de nombreux essais en vue de comparer le frein à main ordinaire, le frein à main « Momentum », le frein à court-circuit, le frein magnétique à patin et le frein magnétique à patins et sabots.

La voiture d'essais contenait les instruments suivants : 1° un appareil Boyer enregistrant la vitesse et l'espace parcouru; 2° et 3° un voltmètre et un ampèremètre enregistreurs donnant la tension aux bornes des moteurs et l'intensité du courant débités par ceux-ci pendant le freinage; 4° une horloge à relais enregistrant les intervalles de 5 secondes sur la bande d'inscription de chacun des appareils précédents; 5° un contact fixé au régulateur de marche et permettant de marquer la vitesse de la voiture au commencement du freinage. Tous ces instruments avaient été, au préalable, étalonnés par le National Physical Laboratory.

Le voltmètre et l'ampèremètre, analogues comme construction, se composent d'une bobine mobile dans le champ d'une bobine fixe; celle-ci est parcourue par le courant dont on veut mesurer la tension ou l'intensité; la bobine mobile est reliée aux bornes d'une batterie d'accumulateurs; elle est suspendue par des ressorts spiraux convenablement choisis pour amortir tout choc.

L'indicateur de vitesse Boyer est constitué par une pompe rotative entraînée par une paire de roulettes s'appuyant sur les rails et par un cylindre portant une fente latérale et fermé à sa partie supérieure par un piston; la pompe envoie dans le cylindre de l'huile qui s'écoule ensuite par la fente latérale et revient à la pompe; le débit de la pompe augmentant avec la vitesse, le piston se soulève de manière à accroître la section de l'orifice d'écoulement. La position du piston dépend donc de la vitesse et, en enregistrant cette position, la vitesse se trouvera elle-même enregistrée.

L'enregistrement des indications des divers appareils se fait au moyen de siphons pleins d'encre que de petits électro-aimants appuient périodiquement sur les feuilles d'enregistrement. Pour le voltmètre, l'ampèremètre et le chronomètre, ces feuilles sont mues par un petit moteur de phonographe; pour l'indicateur de vitesse la feuille est mue par un dispositif qui lui donne un déplacement proportionnel à la distance parcourue par la voiture, à partir du commencement du freinage.

Nous résumons ci-dessous les résultats obtenus, renvoyant, pour plus de détails, à l'article original (1), où sont reproduits de nombreux diagrammes.

Les quantités d'électricité consommées pendant le freinage à court-circuit ou avec freins magnétiques sont données, pour différentes valeurs de la vitesse, par le Tableau suivant. L'indication MP désigne le frein magnétique à patins (représenté par les figures 6 à 8 du précédent article, p. 107); MPS, le frein magnétique comportant des patins et des sabots (représenté par la figure 9); enfin CC, le frein à court-circuit. Les consommations d'électricité sont exprimées en amp.-sec.

Quantités d'électricité dépensée.

VITESSES.	FREIN MP. Arrêts d'urgence. Rail sec.	FREIN MP. Arrêts d'urgence. Rail gras.	FREIN MP. Arrêts de service. Rail sec.	FREIN MP. Arrêts de service. Rail gras.	FREIN MPS. Arrêts d'urgence. Rail sec.	FREIN MPS. Arrêts d'urgence. Rail gras.	FREIN MPS. Arrêts de service. Rail sec.	FREIN MPS. Arrêts de service. Rail gras.	FREIN CC. Arrêts d'urgence. Rail sec.	FREIN CC. Arrêts d'urgence. Rail gras.	FREIN CC. Arrêts de service. Rail sec.	FREIN CC. Arrêts de service. Rail gras.
km : h	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.	amp.-sec.
3,2	40	30	30	30	12	7	10	7	67	200	70	125
4,8	90	44	35	39	20	12	15	10	100	255	110	185
6,4	116	62	80	50	30	16	20	14	142	310	152	242
8	138	83	105	75	38	20	27	16	183	360	193	300
11,2	182	143	160	132	55	30	38	25	263	470	275	415
14,4	227	215	210	207	74	40	50	30	344	575	360	532
17,6	290	292	260	297	92	50	73	38	425	682	445	647
20,8	375	377	300	385	118	58	118	45	505	790	530	765
23,3	445	440	330	455	170	65	168	50	565	870	595	850

Ce Tableau montre nettement que la quantité d'électricité mise en jeu par les freins magnétiques, et particulièrement le frein magnétique à patins et à sabots, est beaucoup plus faible qu'avec le frein à court-circuit;

(1) *The Electrician*, t. LVI, 19 et 26 janv. 1906, p. 543 et 587.

par suite, la détérioration des touches du régulateur de marche doit être plus faible avec le frein magnétique qu'avec le frein à court-circuit.

Les longueurs de freinage relevées à différentes vitesses, sur voie en palier, avec les trois freins précédents, sont données dans le Tableau suivant; on voit que le frein à patins et sabots l'emporte encore sur les deux autres.

Longueurs de freinage.

VITESSES.	FREIN MP.				FREIN MPS.				FREIN CC.			
	ARRÊTS D'URGENCE.		ARRÊTS DE SERVICE.		ARRÊTS D'URGENCE.		ARRÊTS DE SERVICE.		ARRÊTS D'URGENCE.		ARRÊTS DE SERVICE.	
	Rail sec.	Rail gras.	Rail sec.	Rail gras.	Rail sec.	Rail gras.	Rail sec.	Rail gras.	Rail sec.	Rail gras.	Rail sec.	Rail gras.
km : h	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
3,2	0,75	1,95	1,95	1,80	0,60	0,45	0,90	0,90	0,60	1,20	0,60	0,40
4,8	1,20	2,40	3,30	2,25	0,75	0,75	1,80	2,25	1,50	3,00	1,65	2,70
6,4	1,95	3,45	4,80	3,30	0,90	1,05	2,70	3,60	2,85	5,70	2,70	5,55
8	2,70	4,80	7,65	4,65	1,20	1,35	3,75	4,95	4,35	9,00	4,20	9,00
11,2	4,65	7,95	9,45	7,50	2,40	2,10	6,00	6,75	7,95	15,60	8,55	16,80
14,4	7,20	11,10	14,10	10,50	3,75	3,00	8,85	8,40	13,05	22,50	15,15	24,75
17,6	9,90	14,40	22,20	14,55	5,85	3,90	14,10	10,35	22,50	30,60	24,00	32,70
20,8	14,05	18,90	30,60	19,10	9,45	5,55	20,10	12,60	32,10	40,50	34,50	42,75
23,3	15,6	24,00	36,90	23,25	13,50	9,00	24,45	15,30	39,00	52,50	44,05	57,60

Dans le Tableau qui suit sont données les longueurs et durées de freinage avec le frein à main « Momentum ».

VITESSES.	ARRÊTS D'URGENCE.				ARRÊTS DE SERVICE.			
	RAIL SEC.		RAIL GRAS.		RAIL SEC.		RAIL GRAS.	
	Durées.	Longueurs.	Durées.	Longueurs.	Durées.	Longueurs.	Durées.	Longueurs.
km : h	sec	m	sec	m	sec	m	sec	m
1,6	0,75	//	0,8	0,60	0,85	0,30	1,1	0,90
3,2	1,2	0,30	1,6	1,50	1,5	0,75	2	1,50
4,8	1,7	0,60	2,3	2,40	2,0	0,90	2,8	2,70
6,4	2,0	1,05	3,0	3,60	2,5	1,50	3,5	4,20
8	2,4	1,80	3,6	5,20	2,9	2,25	4,2	5,70
9,6	2,8	2,70	4,2	6,60	3,3	3,75	4,8	7,50
11,2	3,2	3,90	4,7	8,25	3,8	5,10	5,3	9,60
12,8	3,7	5,25	5,2	11,20	4,2	6,90	5,8	12,00
14,4	4,0	6,90	5,7	12,30	4,6	8,70	6,3	14,40
16	4,5	8,70	6,2	14,70	5,1	10,80	6,7	17,10
17,6	4,7	10,65	6,7	17,10	5,5	12,90	7,2	20,10
19,2	5,1	12,60	7,1	19,80	5,9	15,00	7,6	23,10
20,8	5,5	15,00	7,6	22,80	6,5	17,55	8,0	26,40
22,4	5,9	17,20	8,0	25,65	6,8	20,10	8,3	30,00
24	6,6	20,10	8,4	28,80	7,3	22,50	8,8	33,91

La comparaison des longueurs de freinage minimum obtenues avec les cinq types de freins essayés, sur rails secs, est donnée dans le Tableau suivant (*voir* colonne de droite).

Enfin M. Feel a encore déterminé les vitesses que prenait la voiture sur une pente de 3km,3 présentant des déclivités comprises entre 1 : 21 et 1 : 77, en maintenant la manette du régulateur de marche sur l'une des sept touches de freinage. Ces essais ont été faits avec les trois sortes de freins à commande électrique déjà cités; toutefois, comme au moment où ils furent exécutés le frein à patins était muni d'électro-aimants qui furent changés lors des essais rapportés ci-dessus, nous ne reproduirons pas les résultats des essais de freinage

VITESSES.	LONGUEURS DE FREINAGE.				
	Frein CC.	Frein MP.	Frein MPS.	Frein Momentum.	Frein a main.
km : h	m	m	m	m	m
3,2	0,30	0,60	//	0,30	0,60
4,8	1,50	1,20	0,60	0,60	1,35
6,4	2,70	1,80	0,90	1,05	2.35
8	4,20	2,70	1,20	1,80	3,45
9,6	6,00	3,60	1,80	2,70	4.80
11,2	7,80	4,65	2,40	3,90	6,60
12,8	10,20	5,85	3,00	5,25	8,70
14,4	13,20	7.20	3,60	6,90	11,10
16	17,40	8,40	4,65	8,70	14,80
17,6	22,20	9,90	5.85	10,65	16,80
19,2	27,00	11.40	7,35	12,60	20.40
20,8	32,10	13,05	9,30	15,00	24,30
22,4	36,6	14,70	12,00	17,10	28.80
24	//	//	15,60	20,10	33,30

en pente effectués avec ce frein et ne donnons, dans le Tableau suivant, que les chiffres qui se rapportent au frein à court-circuit et au frein à patins et à sabots. Ce Tableau donne, outre les vitesses de marche, les intensités de courant utilisé pour le freinage; on voit que le frein à patins et à sabots exige une intensité moins grande que le frein à court-circuit, résultat qui concorde avec celui tiré des mesures de quantités d'électricité dépensées.

5...



TOUCHE du régulateur.	FREIN CC.		FREIN PS.	
	Vitesses.	Intensités du courant.	Vitesses.	Intensités du courant.
	km : h	amp	km : h	amp
1	"	"	19,52	16,0
2	20	45,5	16,00	15,5
3	13,44	45,5	12,48	14,5
4	8,48	44,5	10,00	13,0
5	5,28	42,5	6,72	13,0
6	4,00	40	5,44	15,0
7	1,60	36	3,68	20,0

LYON (*Compagnie des Omnibus et Tramways*). — Réseau de 112^{km} dont 96^{km} en voie normale et 16^{km} en voie étroite, desservi par 259 voitures motrices (236 à deux essieux et 28 à quatre essieux) à deux moteurs, pesant de 8,5 à 12 tonnes, et 75 voitures d'attelage à deux essieux tarant 1,8 et 3,4 tonnes. Toutes les voitures motrices sont munies d'un frein à court-circuit à six crans de freinage, les voitures d'attelage d'un frein à solénoïde agissant sur les deux essieux. En 1904, le trafic a été de 9065135 motrices-km et de 1762962 remorques-km.

La Compagnie a procédé à des essais de freinage; voici ce qu'elle dit à ce sujet :

« Nos voitures n'étant munies que de deux sortes de freins, du frein à main et du frein électromagnétique, nos essais n'ont pu que confirmer le fait bien connu de la plus grande rapidité d'action de ces derniers au point de vue de l'amortissement de la vitesse. Nous pouvons relater quelques résultats d'expériences effectuées pour nous rendre compte de la valeur de nouveaux freins et vérifier pratiquement les conditions de leur installation.

Vitesses au moment du serrage.	Longueur de freinage.			Pentes.
	Frein a main.	Frein Sperry.	Les 2 freins simultanés.	
km : h	m	m	m	
22,799	16,80	"	"	0 p. 100
22,560	17,40	"	"	
22,528	"	16,00	"	
22,485	"	"	14,70	
20,824	18,30	"	"	0 p. 100
19,337	"	24,10	"	
22,560	"	23,34	"	
22,560	"	"	15,70	
22,500	18,00	"	"	0,6 p. 100
22,714	26,00	"	"	
22,500	"	12,00	"	
22,500	"	"	9,00	
20,570	18,00	"	"	0,6 p. 100
20,000	"	13,00	"	
20,000	"	"	12,00	
22,500	18,00	"	"	0,6 p. 100
22,500	"	9,50	"	
24,000	"	"	12,00	
22,500	23,00	"	"	0,6 p. 100
20,570	"	15,00	"	
21,170	"	"	16,00	

» Le premier groupe d'expériences est relatif aux voitures à bogies pesant 12 tonnes à vide pour une capacité de 61 voyageurs. Les différences dans les résultats proviennent de la plus ou moins grande habileté des wattmen.

» Le deuxième groupe d'expériences avait pour but de s'assurer de l'efficacité des freins Sperry montés sur les voitures de remorque.

» Le poids de la voiture motrice était de 9000^{kg} pour une capacité de 42 places et le poids de la remorque était de 3400^{kg} pour la même capacité.

» 1° Les freins de la remorque étant en dérivation sur ceux de la voiture motrice, on a obtenu :

» Pour une vitesse de 21 km : h au moment du serrage : *a*. Les freins de la motrice agissant seuls, arrêt moyen, 15^{m},43. — *b*. Les quatre freins étant en action, arrêt moyen, 8^{m},50.

» 2° Les freins de la remorque étant en série avec ceux de la motrice, on a obtenu :

» Pour une vitesse de 21 km : h au moment du serrage : *a*. Les freins de la motrice agissant seuls, arrêt moyen, 28^{m},21. — *b*. Les quatre freins étant en action, arrêt moyen, 14^{m}.

» Pour une vitesse de 15,75 km : h au moment du serrage : *a*. Les freins de la motrice agissant seuls, arrêt moyen, 8^{m},80. — *b*. Les quatre freins étant en action, arrêt moyen, 4^{m},20.

» Les essais ne sont pas comparables, en raison des états différents de la voie. Dans les seconds, on a observé des calages de roues qui ne se produisaient pas avec la voie sèche des premiers essais. Dans tous les cas, l'action des freins Sperry de la remorque a diminué de 50 pour 100 la longueur de l'arrêt, ce qui en démontre l'utilité.

» Les freins à solénoïde du type Guénée nous ont fourni des résultats analogues. »

VIENNE (*Städtische Strassenbahnen*). — Réseau de 186^{km} à voie normale. 955 voitures motrices, dont 905 à deux essieux pesant de 8,5 à 10,5 tonnes et 50 à quatre essieux pesant 13 tonnes. 902 voitures d'attelage à deux essieux et 3 voitures à quatre essieux pesant de 1,9 à 4,6 tonnes. Les voitures motrices à deux essieux sont munies du frein à court-circuit; les voitures à quatre essieux possèdent, en outre, sur chaque essieu un frein électromagnétique à disques système Siemens et Halske; les régulateurs de marche ont six touches de freinage, dont les résistances moyennes sont 8,36, 6,83, 4,71, 2,96, 1,11 et 0,0 ohms. Des voitures d'attelage, 9 sont munies d'un frein à disques et 812 d'un frein à solénoïde.

La Compagnie a effectué de nombreux essais de freinage qu'elle relate comme suit :

« Nous donnons ci-dessous le résultat de quelques essais de freinage auxquels nous avons procédé pour déterminer l'effet du sablage sur les rails. Il est à remarquer que les durées de freinage, comme aussi les longueurs de freinage, ne répondent pas toujours à la formule $s = \frac{vt}{2}$. Cette formule suppose, en effet, une diminution de vitesse constante, ce qui n'est pas le cas lorsque surtout la voiture est freinée par court-circuit par l'intermédiaire de plusieurs crans de freinage.

Lorsque, dans les essais, la manette du régulateur est portée immédiatement sur la dernière touche de freinage, la formule ci-dessus se vérifie déjà relativement bien; il faut cependant tenir compte que l'excitation des moteurs réclame au moins une demi-seconde.

» Les essais dont nous donnons ci-dessous les résultats ont été entrepris il y a quelque temps déjà. Nous avons l'intention de procéder également à quelques essais sur des rails glissants; mais depuis longtemps déjà les conditions atmosphériques ne nous ont pas permis d'entreprendre de tels essais. Si nous pouvons procéder à ces essais d'ici peu, nous ne manquerons pas de les faire connaître.

» Les essais eurent lieu sur la voiture motrice 939, laquelle pèse à vide 10,6 tonnes et est équipée de deux moteurs D $\frac{17}{30}$. L'état des rails était très favorable; le temps sec et froid. Sur la voiture était montée une sablière d'un type spécial; six personnes y avaient pris place. Le poids en charge de la voiture était de 11,1 tonnes.

» La sablière est construite de façon à ne sabler en service normal qu'un seul rail; en cas de danger, elle peut cependant sabler simultanément les deux rails; c'est cette dernière condition que nous avons supposée dans nos essais. Le sable demande pour se répandre environ $\frac{1}{3}$ de seconde. L'endroit exact où commence le freinage est indiqué par un sac de sable jeté en bas de la voiture. L'employé chargé du contrôle de la vitesse donne, par un coup de timbre, le signal du freinage et du jet du sac de sable.

» La vitesse de la voiture est contrôlée par un tachymètre spécial monté sur la voiture. Afin d'obtenir une vitesse de 15, 20 ou 25 km : h, la voiture était préalablement lancée à une vitesse supérieure, puis le courant coupé. La vitesse de la voiture diminuant, l'employé chargé des observations donne, par un coup de timbre, le signal du freinage dès que la vitesse de la voiture se réduit à la vitesse désirée. La ligne d'essai, tronçon de la Schüttelstrasse, peut être considérée comme étant en palier.

» Le freinage eut lieu au moyen du frein à court-circuit; dans le cas d'un train composé d'une voiture motrice et d'une voiture d'attelage, celle-ci était simultanément freinée par un frein à solénoïde.

A. — *Voiture motrice seule.*

Essais	Vitesse.	Freinage.	
		Durée.	Longueur.
	km : h	sec	m
I. — Le freinage s'opère rapidement. La manette du régulateur passe rapidement, mais toujours successivement, sur les différents crans du freinage. Pas de sablage des rails.	8	$3\frac{1}{5}$	2,70
	15	$2\frac{4}{5}$	5,30
	15	$3\frac{2}{5}$	7,10
	15	$3\frac{3}{5}$	8,00
	15	$2\frac{0}{10}$	6,20
	20	$3\frac{4}{5}$	7,20
	20	$4\frac{1}{5}$	8,00
	20	$4\frac{1}{5}$	8,60
	20	$3\frac{4}{5}$	7,65
	24	$4\frac{1}{5}$	9,10
	25	$4\frac{4}{5}$	11,10
	25	$4\frac{4}{5}$	12,30
	25	$4\frac{4}{5}$	12,40

A. — *Voiture motrice seule* (suite).

Essais.	Vitesse.	Freinage.	
		Durée.	Longueur.
	km : h	sec	m
II. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche (court-circuit sans résistance). Pas de sablage des rails.	8	$2\frac{1}{5}$	2,50
	8	2	2,40
	15	4	8,00
	15	3	5,55
	15	$3\frac{3}{5}$	6,10
	20	4	11,30
	20	$4\frac{2}{5}$	10,75
	20	5	12,50
	25	$6\frac{4}{5}$	23,00
	25	$6\frac{1}{5}$	20,10
III. — La manette du régulateur passe rapidement, mais toujours successivement, sur les différents crans de freinage. Mauvais sablage.	8	$2\frac{4}{5}$	2,90
	15	3	5,95
	15	$2\frac{3}{5}$	5,70
	20	$3\frac{4}{5}$	6,20
	20	$2\frac{4}{5}$	9,90
	20	$4\frac{3}{5}$	11,80
	20	3	8,70
	20	$2\frac{4}{5}$	6,45
	25	Aucune lecture	9,80
	25	$4\frac{1}{5}$	12,20
IV. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche. La sablière sable les deux rails.	15	$2\frac{2}{5}$	4,20
	15	$2\frac{2}{5}$	4,70
	15	2	4,10
	20	3	7,40
	20	$3\frac{1}{5}$	8,60
	20	$3\frac{1}{5}$	7,40
	25	4	15,30
	25	$4\frac{1}{5}$	13,10
	25	$4\frac{1}{5}$	14,60
	25	$3\frac{4}{5}$	11,40
V. — Au signal du freinage, la manette du régulateur passe rapidement, mais toujours successivement, sur les différents crans de freinage (comme en I et comme il est d'ailleurs prescrit pour les freinages d'urgence). Sablage des rails à la pelle, comme il est exécuté actuellement. Le conducteur prend le sable à la pelle dans le bac à sable et le jette dans l'entonnoir qui se trouve à ses côtés.	15	$3\frac{3}{5}$	6,20
	15	3	6,15
	15	$2\frac{4}{5}$	6,50
	20	$3\frac{4}{5}$	9,60
	20	$3\frac{1}{5}$	9,50
	25	$4\frac{1}{5}$	13,30
VI. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche. Le sablage des rails se fait à la pelle, comme il est indiqué ci-dessus.	15	3	4,90
	15	$3\frac{2}{5}$	6,40
	15	3	6,30
	15	3	4,65
	20	$4\frac{1}{5}$	12,50
	20	$4\frac{2}{5}$	11,18
	20	$4\frac{1}{5}$	9,70
	25	5	17,70
	25	5	19,20
	25	$4\frac{2}{5}$	16,80

B. — *Train composé d'une voiture motrice et d'une voiture d'attelage.*

» La voiture motrice et la voiture d'attelage n'ont pas de surcharge. La voiture motrice pèse 11,03 tonnes

(une personne de moins que plus haut). La voiture d'attelage pèse 3,70 tonnes. Il est pris les mêmes précautions que plus haut.

Essais.	Vitesse.	Freinage. Durée.	Freinage. Longueur.
	km:h	sec	m
I. — Le freinage s'opère rapidement; la manette du régulateur passe rapidement, mais successivement, sur les différents crans de freinage. Pas de sablage des rails.	8	$3\frac{1}{5}$	4,80
	8	$3\frac{1}{5}$	4,20
	8	$2\frac{4}{5}$	3,00
	15	3	6,40
	15	$3\frac{2}{5}$	7,30
	16	$3\frac{3}{5}$	8,00
	15	$3\frac{4}{5}$	7,30
	20	$4\frac{1}{5}$	10,60
	20	$4\frac{1}{5}$	11,70
	20	$3\frac{2}{5}$	8,90
	20	$3\frac{3}{5}$	8,90
	23	5	13,90
	25	$4\frac{1}{5}$	11,70
	25	$4\frac{4}{5}$	13,90
II. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche (court-circuit sans résistance). Pas de sablage des rails.	6,50	$1\frac{4}{5}$	2,70
	8	$2\frac{1}{5}$	2,60
	14,50	3	4,90
	15	$3\frac{4}{5}$	5,70
	15	$3\frac{3}{5}$	5,30
	15	$3\frac{2}{5}$	5,50
	20	$4\frac{2}{5}$	9,60
	20	$4\frac{3}{5}$	8,90
	20	$3\frac{4}{5}$	10,80
	25	$5\frac{2}{5}$	17,90
	25	$5\frac{2}{5}$	16,50
	25	$5\frac{1}{5}$	16,80
III. — Au signal du freinage, la manette du régulateur passe rapidement, mais toujours successivement, sur les différents crans de freinage. Les deux rails sont sablés.	8	2	2,60
	8	$2\frac{4}{5}$	3,00
	15	3	5,60
	15	$2\frac{2}{5}$	5,60
	15	3	6,20
	20	$3\frac{2}{5}$	10,60
	20	$3\frac{2}{5}$	10,10
	20	$3\frac{3}{5}$	9,10
	20	3	8,70
	20	3	7,20
	25	$4\frac{1}{3}$	11,50
	25	$4\frac{1}{5}$	12,20
	25	4	13,10
IV. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche de freinage. Les deux rails sont sablés.	15	$2\frac{1}{5}$	3,90
	15	$3\frac{1}{5}$	5,00
	15	$2\frac{4}{5}$	3,40
	15	$3\frac{1}{5}$	4,80
	20	$3\frac{4}{5}$	9,10
	20	3	6,80
	20	$4\frac{4}{5}$	8,20
	25	3	13,10
	25	4	12,30
	25	$3\frac{1}{5}$	11,10

C. — *Train composé d'une voiture motrice et de deux voitures d'attelage.*

» Les deux voitures d'attelage possèdent un frein à solénoïde. Poids de la voiture motrice 11,03 tonnes. Poids des deux voitures d'attelage, $2 \times 3,7$ tonnes. Mêmes conditions que plus haut. »

Essais.	Vitesse.	Freinage. Durée.	Freinage. Longueur
	km:h	sec	m
I. — Le freinage s'opère rapidement; la manette du régulateur passe rapidement, mais toujours successivement, sur les différents crans de freinage. Sablage des deux rails.	15	3	6,30
	15	3	5,80
	15	$2\frac{2}{5}$	4,80
	19	$3\frac{2}{5}$	8,50
	20	$3\frac{4}{5}$	10,30
	20	4	8,30
	20	$4\frac{1}{5}$	9,30
	23	$3\frac{4}{5}$	13,40
	24,50	$3\frac{3}{5}$	13,50
II. — Au signal du freinage, la manette est immédiatement portée sur la 6e touche. Sablage des deux rails.	15	$2\frac{4}{5}$	3,70
	15	$2\frac{3}{5}$	4,75
	15	$2\frac{3}{5}$	3,70
	15	2	4,10
	20	3,30	8,10
	20	3	9,10
	20	$3\frac{1}{5}$	7,50
	20	3	5,00
	20	$3\frac{1}{5}$	8,60
	20	$3\frac{1}{5}$	8,80
	20	3	8,90
	20	$3\frac{3}{5}$	10,10
	20	3	8,60
	25	$4\frac{4}{5}$	16,20

DIVERS.

Procédé pour maintenir les spires des inducteurs des moteurs. — Les enroulements inducteurs des moteurs de traction subissent souvent des détériorations rapides du fait des trépidations qui produisent l'usure de l'isolant par de légers déplacement des spires les unes par rapport aux autres.

Dans le but d'éviter cet inconvénient on a imaginé d'immobiliser complètement les spires de l'enroulement inducteur par une sorte de ciment à base de mica, dénommé *Micacémentine,* placé dans les vides compris entre les spires. Le procédé consiste à passer sur chaque couche de fils un vernis collant, à saupoudrer assez abondamment de poudre de micacémentine et à poser tout de suite une nouvelle couche d'enroulement.

Des expériences ont montré, paraît-il, que des moteurs dont les inducteurs ont été enduits de micacémentine peuvent sans réparation effectuer des parcours doubles, tout en supportant des régimes sensiblement plus élevés.

BREVETS RÉCENTS.

Combinateurs et freins : CHURCHWARD. USAP. 812726, 30 juin 1904 (frein pour auto). — COLLUM (Mac). USAP. 817264, 1er mars 1905 (combinateur). — DEAN et TSCHENTSCHER. USAP. 824629, 18 janvier 1906 (combinateur). — EASTMAN. USAP. 814663, 5 mai 1904 (combinateur à plusieurs vitesses). — HARDING. USAP. 821287, 6 janvier 1906 (combinateur multiple). — HILL. USAP. 815826, 20 août 1904 (combinateur pour chemins de fer). — KRIÉGER. BP. 22724, 1904 (régulation de la vitesse des électromobiles). — KNUDSEN. USAP. 818768, 13 janvier 1902. — SUNDH. USAP. 823196, 16 mars 1905 (combinateur à système multiple pour trains). — WOODFORD. USAP. 814498, 2 mars 1905 (contrôleur de tramways).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Propriétés électriques des câbles téléphoniques isolés au papier, par GAVEY, ingénieur en chef du Post-Office (*Electrician*, t. LVII, p. 786-787). — Dans les câbles téléphoniques isolés au papier, le papier sert principalement à séparer, mécaniquement en quelque sorte, les fils les uns des autres, l'isolation au point de vue électrique étant due principalement, comme on le sait, à la gaine d'air parfaitement sec qui entoure chaque fil. Dans la confection de ces câbles, chaque fil est enveloppé suivant sa longueur (et non en spirale) de bandes de papier, puis l'ensemble des fils devant constituer le câble est placé dans une étuve et, lorsque la dessiccation est suffisante, cet ensemble encore chaud est recouvert d'une gaine de plomb au moyen d'une presse.

Le papier employé dans les câbles essayés est de la qualité dénommée commercialement *Manilla*. Son examen microscopique indique qu'il est formé de pâte de bois chimique et de chanvre en diverses proportions et ne renferme aucune trace de pâte de bois mécanique. Sa résistance à la rupture est de 490 kg : cm², presque le double de celle exigée par le cahier des charges. Il donne une proportion de cendres comprise entre 0,96 et 1,8 pour 100; la densité de ces cendres est 2 g : cm³. La proportion du volume des fibres au volume total, déduit de la connaissance de la densité du papier et de celle de la fibre (1,5 g : cm³), est comprise entre 32,5 et 49 pour 100; toutefois, le nombre trouvé pour cette proportion dépend un peu de la manière dont on mesure l'épaisseur des feuilles; si l'on serre la vis du palmer directement avec les doigts, au lieu de la faire tourner par l'intermédiaire du manchon à frottement qui la termine (ce qui donne une pression d'environ 1,5 kg : cm²), on trouve des nombres d'environ 6 pour 100 plus forts que les précédents; si l'on mesure l'épaisseur en prenant trois feuilles superposées on est conduit à des nombres de 2 à 3 pour 100 plus faibles.

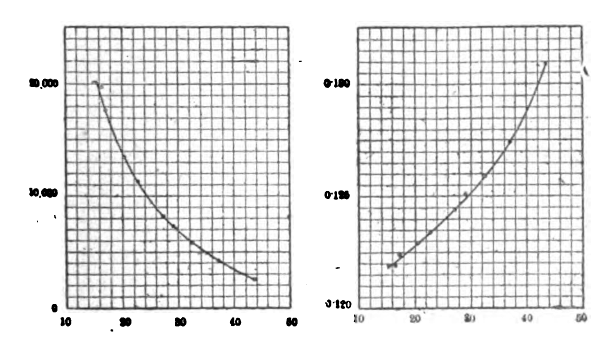


Fig. 1 et 2. — Courbes de la variation de la résistance d'isolement et de la capacité en fonction de la température.

Des essais ont été faits, avec l'assistance de la W.-T. Henley's Telegraph Work Co, pour reconnaître l'influence de la température sur la résistance d'isolement et la capacité de câbles isolés avec ce papier. La proportion d'air et de papier dans le câble essayé était approximativement de 36 d'air pour 74 de papier. Les figures 1 et 2 résument les résultats obtenus, la première pour la variation de la résistance d'isolement, la seconde pour celle de la capacité; elles montrent que la résistance d'isolement décroît, tandis que la capacité croît rapidement quand la température s'élève. Dans ces figures, les abscisses donnent la température évaluée en degrés centigrades; les ordonnées indiquent soit la résistance en megohms par mile, soit la capacité en microfarads par mile.

D'autres essais furent faits, en collaboration avec la British Insulated and Helsby Cables Co, pour rechercher l'influence de l'humidité de l'air sur la capacité. Le câble essayé n'était pas encore recouvert de son enveloppe de plomb, laquelle était remplacée par une bande de clinquant roulée en spirale; la proportion d'air et de papier était de 31 d'air pour 79 de papier. Le câble était tout d'abord bien desséché, puis abandonné pendant une semaine à l'air humide; on mesurait à intervalles réguliers sa capacité et en même temps sa résistance d'isolement, laquelle, variant en sens contraire du degré d'humidité de l'air du câble, donnait une indication sur ce degré. Les mesures faites avec et sans fil de garde ont montré qu'il n'y avait aucune perte par les extrémités du câble, qui étaient bien scellées à la cire. La figure 3 représente la variation de la capacité avec la résistance d'isolement.

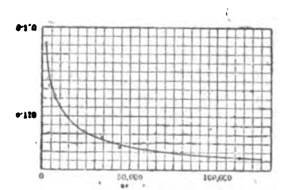


Fig. 3. — Variation de la capacité en fonction de la résistance d'isolement.

On voit par cette courbe que la capacité croît très rapidement à mesure que la résistance d'isolement diminue, c'est-à-dire à mesure que l'air du câble devient plus humide. Cette remarque conduit l'auteur à se demander si la grande augmentation de la capacité avec l'élévation de température, constatée dans les essais relatés plus haut, ne serait pas due à ce que l'air du câble devient humide quand la température s'élève en prenant au papier la petite quantité d'eau qu'il pouvait encore contenir à froid. Cette hypothèse se trouve appuyée par ce fait qu'un câble, paraissant mieux desséché, puisque sa résistance d'isolement à froid s'élevait à 140 000 megohms-miles, ne présentait qu'une augmentation de capacité de 2 pour 100 entre les mêmes limites

de température. L'influence véritable de la température sur la capacité des câbles ne paraît donc pas complètement élucidée.

Dans tous les essais précédents la capacité était mesurée par la comparaison des déviations galvanométriques obtenues en chargeant le câble, puis un condensateur-étalon. Il n'était fait aucune correction pour les pertes; mais la discussion des mesures montre qu'il ne pouvait en résulter une erreur de plus de 1,5 pour 100 dans la capacité correspondant à 5000 megohms-miles et de 2,5 pour 100 dans celle correspondant à 2000 megohms-miles, ce qui conduit à une erreur de 7,5 à 5 pour 100 sur les valeurs de la capacité trouvées en faisant varier la température dans les limites correspondant aux courbes des figures 1 et 2.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Beylan. USAP. 822715, 17 mai 1904 (sonnerie pour téléphones). — Carpenter. USAP. 818145, 2 juin 1905 (télégraphe). — Crehore. USAP. 823206, 8 avril, 1901 (transmetteur télégraphique). — Damaskinos. DRP. 174246, 19 avril 1905 (relais télégraphique). — Dean. USAP. 819267, 27 oct. 1902 (transmetteur télégraphique). — Erickson. USAP. 819049, 31 oct. 1904 (sonnerie pour télégraphe). — Gell. BP. 18102, 1905 (transmetteur). — Gentiel. BP. 14770, 1905. — Giara. BP. 11685, 1905, (télégraphe multiplex). — International Telegraphic Call C°. BF. 365506, 23 avril 1906 (mécanisme sélecteur pour postes d'appel télégraphiques et autres applications). — Jones. USAP. 818892, 21 nov. 1905 (télégraphe). — Kitsee. USAP. 820977, 10 juin 1905, 821043, 27 mai 1905; 821506, 26 août 1905; 823176, 15 déc. 1905 (télégraphe). — Lattig. USAP. 820652, 9 juin 1903. — Lori et Solari. BF. 361528, 11 déc. 1905 (télégraphie harmonique). — Newmann. USAP. 821251, 14 juin 1904 (tableau de distribution pour circuit télégraphique). — Pape. USAP. 822470, 16 juin 1904 (transmetteur et récepteur téléphoniques). — Picard. BP. 13605, 1905. — Pupin. USAP. 821741, 28 janvier 1905. — Rittmeyer. BF. 365238, 6 fév. 1906 (appareil transmetteur de signaux). — Robinson. BP. 16083, 1905. — Schutz. BP. 20501, 1905. — Sheedy. 818447, 22 mai 1903 (télégraphe imprimeur). — Siemens et Halske. BP. 26072, 1905. — Spitzer. BF. 364042, 10 mars 1906 (poteau télégraphique). — Stockbridge Electric Cy. DRP. 174743, 4 juillet 1905 (récepteur). — Weiber. DRP. 173397, 27 oct. 1905 (télégraphe imprimeur). — *Télégraphie sans fil :* Arco. USAP. 820169, 4 oct. 1905 (résonnateur). Artom. BP. 13464, 1905; USAP. 817137, 3 janvier 1903 (oscillateur); BF. 364966, 5 avril 1906 (récepteur pour télégraphie sans fil). — Balsilie. BP. 15022, 1905 (récepteur). — Blondel. USAP. 824676, 17 fév. 1905 (station accordée sur plusieurs autres de fréquences différentes). — Boys. BP. 13828, 1905 (récepteur). — Braunerbjelm. BP. 2194, 1906. — Diedler. DRP. 172453, 5 déc. 1905 (mât transportable pour télégraphie sans fil.). — Ehret. USAP. 818236 et 818363, 27 juillet 1903 et 25 août 1905 (signaux par ondes électriques). — Eisenstein. BP. 16435, 1905. — Fessenden. DRP. 168678, 13 août 1902 (récepteur pour télégraphie sans fil); 174101, 3 déc. 1902 (transmission de signaux par ondes électriques). — Forest (The de Forest Wireless Telegraph Syndicate Ld). BF. 363981, 8 mars 1906 (perfectionnements à la télégraphie sans fil). — Forest (de). USAP. 822936, 2 fév. 1906 (système de télégraphie sans fil); 823402, 9 déc. 1905 (protection des installations de télégraphie sans fil contre les perturbations atmosphériques); 824637 et 824638, 18 et 20 janvier 1906. — Mosler. DRP. 173690, 15 juillet 1905 (transmetteur). — Lalande et Frassier. BF. 363863, 5 mars 1906 (système de commande à distance par l'électricité avec ou sans fil). — Marconi et autres. BP. 14788, 1905 (télégraphie sans fil). — Massie Wireless Telegraph Cy. BF. 363371, 17 fév. 1906 (appareil sensible à l'action des ondes électriques). — Nilmelior et Michel (Société). BP. 14959, 1905 (bobine à étincelles). — Pirani (Von). DRP. 169360, (production de courants ondulatoires). — Plecher. USAP. 817664, 27 déc. 1904 (détecteur). — Poulsen. BF. 364167, 13 mars 1906 (procédé pour faire les signaux pour télégraphier sans fil). — Rendahl. USAP. 820258, 18 avril 1905, (détecteur). — Ruhmer. DRP. 173396, 27 sept. 1904 (obtention d'ondes électriques). — Seibt. DRP. 172333, 23 août 1904 (syntonisation du récepteur avec les deux systèmes d'ondes du transmetteur). — Shœmaker. USAP. 824676, 16 février 1903. — Stone. BF. 365850, 365851 et 366018, 6 et 9 mai 1906 (télégraphie sans fil). — Watts. DRP. 174636, 8 avril 1905 (dispositif pour déceler et mesurer des oscillations électriques pouvant jouer le rôle de récepteur de télégraphie sans fil). — Wilson. BP. 963, 1906 (télégraphie sans fil).

Téléphonie : Agagjio. DRP. 173643, 10 juin 1905 (commutateur instantané à bouton poussoir). — Altona. DRP. 168947, 16 avril 1904 (microphone). — André. USAP. 816894, 27 avril 1904 (tableau téléphonique). — Arnheim. BP. 8411, 1905 (téléphone à batterie centrale). — Berty (Mac). USAP. 817867, 24 janvier 1902 (signal apparent pour tableau téléphonique). — Betulander. DRP. 174469, 21 sept. 1902 (téléphone automatique). — Bielhaben. DRP. 174079, 19 avril 1905 (sélecteur de lignes téléphoniques). — Bines. DRP. 174078, 1er mars 1905 (bobine d'induction pour téléphone); BF. 364899, 364900 et 364901, 4 avril 1906 (système de téléphone). — Boyce. USAP. 820176, 7 mars 1902 (téléphone). — Bradsha. USAP. 822719, 3 oct. 1903 (contrôle des appareils téléphoniques). — Brinckle. USAP. 821981, 13 déc. 1904 (commutateur téléphonique). — Brown. DRP. 173530, 3 oct. 1902 (dispositif pour renforcer le son ou le courant transmis par téléphone). — Compagnie d'Appareils Électriques. BF. 365623, 26 mars 1906 (microtéléphone perfectionné). — Catel. DRP. 172685, 24 nov. 1905 (téléphone). — Conner. USAP. 820350, 9 avril 1900 (signal pour téléphone). — Cook. USAP. 816847, 2 fév. 1903 (tableau téléphonique à cadre en fer). — Cormick (Mac). USAP. 820432 et 824431, 26 août 1901 (commutateur et tableau téléphoniques). — Corwin et Parker. USAP. 819522, 6 mai 1903 (transmetteur téléphonique). — Craft. USAP. 817959, 5 fév. 1904 (fusible pour tableau téléphonique). — Dean. USAP. 818527, 14 juillet 1902 (téléphone). — Deutsche Telephonwerke G. m. b. H. DRP. 172377 et 174873, 19 mars 1905 et 21 juin 1903 (avertisseur téléphonique et installation téléphonique). — Dommerque. DRP. 174709, 21 juin 1903 (système de téléphone). — Egan. USAP. 818673, 27 fév. 1903 (sonnerie d'appel pour téléphone). — Enoches. USAP. 820187, 16 oct. 1905 (téléphone). — Erickson. USAP. 819050, 30 déc. 1904 (commutateur téléphonique). — Facchini et Pointreau. BF. 363537, 21 fév. 1906 (microphone). — Faller et Danielson. USAP. 824291, 6 août 1904 (clef automatique pour téléphone). — Fisher. USAP. 819531, 30 oct. 1905 (parleur). — Fricke. USAP. 824351, 6 nov. 1905 (commutateur). — Gally. USAP. 817761, 14 avril 1904 (répétiteur téléphonique). — Gorden. USAP. 821482, 10 juin 1903 (téléphone). — Graham et Davis. BP. 12682, 1905 (téléphone). — Green. USAP. 823215, 24 août 1905 (téléphone). — Grimm. USAP. 823494, 18 mai 1906 (plaque de garde pour parleur). — Guttman. USAP. 819059, 21 oct. 1904 (parleur). — Guttmant. USAP. 819061, 25 nov. 1906 (commutateur téléphonique). — Hall. BP. 2452, 1906 (téléphone).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

OZONE.

Influence de la pression et de la forme de la décharge sur la production de l'ozone, par A. CHASSY (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 23 juillet 1906, p. 220-222). — Suivant Hautefeuille et Chappuis, la production d'ozone est légèrement ralentie quand on diminue la pression de l'oxygène soumis à l'action de l'effluve. L'auteur s'est proposé d'étudier complètement cette influence de la pression en mesurant d'une part la vitesse de formation de l'ozone au début de l'action de l'effluve, d'autre part, la quantité limite d'ozone produit quand la proportion d'ozone cesse d'augmenter. Ces deux mesures sont nécessaires, car, ainsi que l'auteur l'a antérieurement montré, la vitesse de formation (quantité d'ozone formée par unité de temps) décroît peu à peu à mesure que la proportion d'ozone augmente, pour tendre vers zéro quand on s'approche de la limite; en outre, elle dépend de la tension électrique, tandis que la proportion limite n'en dépend pas, pourvu que l'on ait dépassé la tension critique audessous de laquelle on n'observe pas de formation sensible d'ozone.

De ces mesures il résulte qu'il y a changement complet dans l'allure des phénomènes suivant que la pression est supérieure ou inférieure à celle de 6^{cm} de mercure.

Au-dessus de cette limite, la vitesse de formation initiale de l'ozone décroît avec la pression, mais son décroissement est bien moins rapide que celui de la pression; ainsi, en passant de la pression 76^{cm} à la pression 10^{cm}, la vitesse diminue seulement de la moitié de sa valeur environ. Il s'ensuit que la concentration, définie par le rapport de la quantité d'ozone à la quantité totale d'oxygène, va en croissant quand la pression diminue; ainsi, à la pression de 10^{cm}, la concentration obtenue dans l'action initiale est près de quatre fois plus grande que la concentration analogue à la pression de 76^{cm}.

A une même pression, cette concentration croît évidemment à mesure que se prolonge l'action de l'effluve, mais cet accroissement est d'autant moindre que la pression est plus faible, et, si l'on considère la concentration limite, on trouve que celle-ci diminue en même temps que la pression. Toutefois, elle ne diminue pas aussi vite que celle-ci, et à la pression de 10^{cm} elle est encore la moitié de la concentration limite à 76^{cm}.

Au-dessous de la pression de 6^{cm} environ, les résultats sont plus simples : il ne se produit pas d'ozone, quelle que soit la durée de l'expérience.

La décharge électrique à la pression de quelques centimètres ne produit donc pas les mêmes effets chimiques que la décharge à une pression plus élevée. Ce n'est pas, dit M. Chassy, une question de plus ou de moins : il y a une transition brusque entre les deux modes d'action. On a souvent constaté, d'ailleurs, dans l'étude des gaz raréfiés, qu'un même tube pouvait, dans certains cas, présenter plusieurs régimes de décharge, et qu'on passait facilement de l'un à l'autre. Comme aux basses pressions la décharge offre l'aspect d'une lueur uniforme, analogue à celle qui se produit dans les tubes de Geissler à vide peu avancé, et différente de l'effluve qui se produit à pression plus élevée, l'auteur en conclut que la différence dans les actions chimiques correspond au changement d'aspect lumineux.

Quant à l'ozone déjà formé, il est aussi stable aux pressions inférieures à 6^{cm} qu'aux pressions plus élevées, en dehors de toute influence électrique; mais, si l'on soumet l'oxygène ozoné à basse pression à l'action de l'effluve, on constate que l'ozone se détruit.

Pour expliquer ces divers phénomènes on peut faire plusieurs hypothèses. Si, par exemple, on admet que la formation de l'ozone est due au choc des ions contre les molécules d'oxygène, on doit conclure de ce qui précède que, si la vitesse des ions est trop grande, l'ozone ne se forme plus.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et Métaux. — GIBBS. USAP. 802205, 1er mars 1904 (procédé de fabrication de chlorates). — GOW. USAP. 801782, 9 décembre 1902 (formation de composés nitrés). — HINKSON. USAP. 810144, 27 décembre 1904 (tannage électrique). — KUGELGEN. USAP. 80734, 16 janvier 1904 (décarburation). — LAMSON. BP. 13909, 1905 (purificateur électrique). — L'HOMMEDIEU. USAP. 809309 22 avril 1905 (appareil pour platinage électrolytique). — MONNIER. BF. 362293, 9 janvier 1906 (procédé de conservation des modèles en bois, en plâtre, etc., par métallisation). — OLDING et JAMIESON. USAP. 815113, 19 mai 1904 (séparateur magnétique de minerais lévigés). — RAMBALDINI. BF. 364826, 2 avril 1906 (électrolyseur sans diaphragme poreux). — SCHIMANSKY. BP. 365261, 27 mars 1906 (procédé pour la fabrication d'empreintes en plomb destinées au clichage galvanoplastique par la reproduction sous pression de l'original dans une feuille de plomb doublée d'un support mou). — SCHMITZ. BF. 362182, 5 janv. 1906 (obtention de dépôts métalliques au moyen de l'électrolyse). — SOCIÉTÉ DAUPHINOISE D'ÉLECTROMÉTALLURGIE. BF. 362890, 31 janvier 1906 (tonneau pour le dépôt électrolytique des métaux sur de petits objets). — SOCIÉTÉ THE BRITISH HOSIERY AND ELECTROLYTIC BLEACHING COMPANY LTD. BF. 360939, 26 déc. 1905 (électrolyseur). — THOMAS. USAP. 814814, 22 août, 1904 (procédé d'amalgamation). — THOMPSON. BP. 4100, 1904 (électrolyseur). — TOWSEND. USAP. 815881, 12 avril 1902 (réduction des minerais au moyen d'un électrolyte fusible). — THURSTON. USAP. 822873, 1er avril 1905 (procédé pour recouvrir les métaux d'un autre métal). — UZAC. BF. 363816, 3 mars 1906 (construction des tubes de radiateurs par électrolyse). — VALENTINE et BETTS. USAP. 816764, 15 juin 1904 (fusion des minerais).



MESURES ET ESSAIS.

PHASEMÈTRES.

La théorie des phasemètres, par W.-E. SUMPNER, lu le 27 octobre 1905, à la Physical Society (*Philosophical Mag.*, 6e série, t. II, janvier 1906, p. 81-107.) — Les phasemètres sont des instruments du type électrodynamomètre destinés à indiquer la différence de phase entre la tension et le courant dans les circuits à courant alternatif. Ces instruments sont presque toujours employés sur les circuits à courants polyphasés; on a bien construit des phasemètres pour courants monophasés, mais ils n'ont pas donné de résultats aussi satisfaisants.

Les phasemètres consistent essentiellement en deux séries de bobines : l'une fixe, l'autre mobile; les bobines d'une série sont montées en dérivation sur la tension et celles de l'autre reçoivent le courant total de chaque phase. Le nombre de bobines employées doit être au moins de trois; dans ce cas le système fixe est ordinairement formé par une bobine traversée par le courant total, et le système mobile par deux bobines recevant chacune le courant dérivé d'une des phases. Dans certains appareils plus compliqués il y a trois bobines fixes, une pour le courant de chaque phase et trois bobines mobiles pour les tensions correspondantes. La plupart des phasemètres ne renferment pas de fer, mais il n'y a aucune raison qui impose cette condition.

THÉORIE DU PHASEMÈTRE A QUATRE CIRCUITS. — Prenons le cas d'un circuit triphasé et envoyons le courant de chaque phase dans chacune des trois bobines fixes. Le champ créé par ces bobines en un point x a pour valeur :

$$(1) \qquad B = A_1 F_1 + A_2 F_2 + A_3 F_3,$$

A_1, A_2, A_3 étant les valeurs instantanées des courants; F_1, F_2, F_3 des facteurs dépendant uniquement de la position du point x par rapport aux bobines. Si la bobine mobile est parcourue par un courant V dérivé sur deux des conducteurs, le moment des forces électrodynamiques exercées sur cette bobine au point x a pour valeur :

$$(2) \qquad BV = F_1 \overline{A_1 V} + F_2 \overline{A_2 V} + F_3 \overline{A_3 V};$$

si les courants sont constants, les termes $\overline{AV}$ représentent leur produit en tenant compte des signes; si les courants sont périodiques, ces termes représentent leur produit moyen.

La bobine mobile d'un phasemètre n'ayant aucune force directrice, le couple électrodynamique tend à la faire tourner jusqu'à ce qu'elle ait pris une position telle que l'équation (2) s'annule; il existe deux positions semblables, l'une correspond à l'équilibre stable, l'autre à l'équilibre instable.

Quand le produit BV est égal à o pour une certaine position x, le résultat n'est pas affecté par la grandeur du courant V, il dépend uniquement des différences de phase entre A et V. En courant continu le résultat est lié uniquement aux grandeurs relatives de A_1, A_2, A_3.

Si dans un circuit triphasé, à charges équilibrées, parcouru par un courant sinusoïdal, nous appelons Φ l'angle de phase entre V et A, v et a les valeurs efficaces des facteurs V et A, la valeur moyenne de chacun des termes $\overline{VA}$ est

$$\overline{VA_1} = va \cos\Phi,$$
$$\overline{VA_2} = va \cos(120 + \Phi) = -va \cos(60 - \Phi),$$
$$\overline{VA_3} = va \cos(240 + \Phi) = -va \cos(60 + \Phi).$$

Or, comme la condition d'équilibre est

$$F_1 \overline{A_1 V} + F_2 \overline{A_2 V} + F_3 \overline{A_3 V} = o,$$

nous devons avoir

$$F_1 \cos\Phi = F_2 \cos(60 - \Phi) + F_3 \cos(60 + \Phi).$$

Si maintenant nous substituons les courants continus aux courants alternatifs triphasés, et si nous faisons

$$-A_1 = A_2 + A_3,$$
$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{\cos(60 - \Phi)}{\cos(60 + \Phi)} = \frac{1 + 3^{\frac{1}{2}} \operatorname{tang}\Phi}{1 - 3^{\frac{1}{2}} \operatorname{tang}\Phi},$$

nous obtenons

$$\operatorname{tang}\Phi = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{A_2 - A_3}{A_2 + A_3};$$

donc il est possible, en donnant aux courants continus A_1, A_2, A_3 des valeurs connues et présentant certaines relations entre elles, de déterminer la valeur de Φ qui correspondra en courant alternatif à chaque position x de la bobine mobile et ceci est vrai qu'il y ait ou non du fer dans les bobines. On peut donc faire la graduation d'un phasemètre en se servant uniquement du courant continu.

Dans les phasemètres actuels on cherche souvent à donner aux facteurs F une valeur telle que les

déviations x de l'appareil soient directement proportionnelles à l'angle Φ, mais ceci n'est pas nécessaire, on peut même dire qu'il vaudrait mieux obtenir des lectures proportionnelles à $\cos \Phi$ qui est le facteur réellement intéressant.

L'auteur a appliqué cette théorie à trois nouveaux instruments ayant chacun un noyau de fer. La figure 1 représente un de ces instruments; les

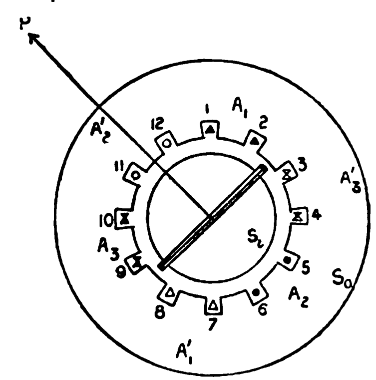


Fig. 1.

pièces S_0 et S_1 sont composées de tôles et dans les encoches de S_0 sont placés les trois circuits. Une

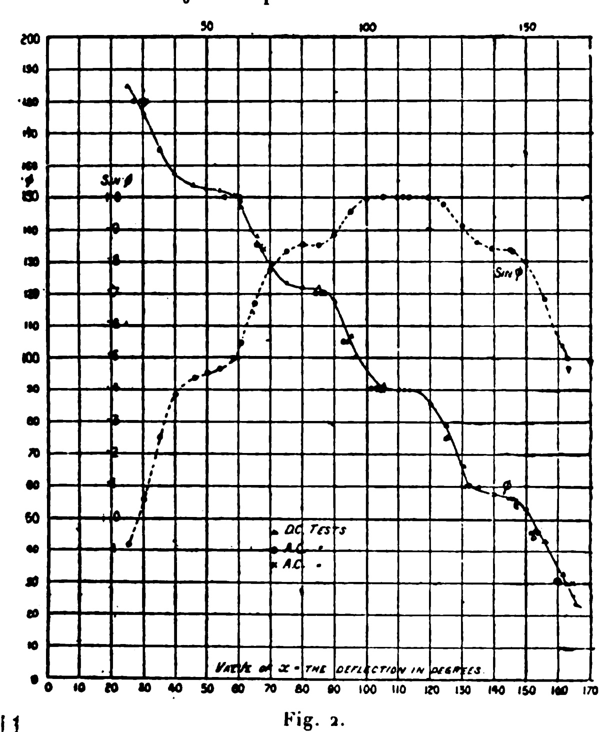


Fig. 2.

bobine mobile rectangulaire se déplace dans l'entrefer, elle porte un index. Pour un courant constant dans les bobines fixes, le champ dans l'entrefer varie beaucoup au voisinage des rainures et il est presque uniforme dans l'intervalle de deux rainures. Cet effet est très visible sur la figure 2 qui résume trente-trois essais faits en courant continu (indiqué par D. C.) et quarante en courant alternatif (indiqué par A. C.).

Pour le courant continu, Φ était calculé comme il est indiqué ci-dessus. Avec le courant alternatif la phase était, au début, déterminée par la méthode du wattmètre, puis ensuite, afin d'aller plus vite, en supposant les trois courants exactement à 120° l'un de l'autre et en intercalant, dans le circuit de la bobine mobile, successivement un condensateur et une résistance; la bobine mobile étant placée sur chacun des trois circuits fournissait des séries de valeurs permettant de faire la graduation complète.

Phasemètre a trois circuits et appareil pour courants monophasés. — Si le système fixe est réduit à deux bobines, la théorie est encore exacte et il est aussi facile de faire la graduation à l'aide de courant continu. Il en est de même des appareils pour courants monophasés qui ne sont autre chose que des phasemètres pour courants diphasés dans lesquels la différence de phase des deux courants dérivés est due aux propriétés inductives différentes des deux circuits.

Circuits non équilibrés. — On admet généralement que les phasemètres donnent des résultats faux dans le cas des circuits non équilibrés, cela tient en grande partie à ce fait que l'on n'a pas donné de définition exacte du facteur de puissance dans un circuit où les phases ne sont pas également chargées.

Par construction une génératrice donne des forces électromotrices sensiblement égales et régulièrement espacées entre le point neutre et chacun des sommets; si donc on part de ces tensions et si l'on appelle Φ_1, Φ_2, Φ_3 les différences de phase de chaque courant par rapport à la tension correspondante, A_1, A_2, A_3 les amplitudes des courants, on peut définir le facteur de puissance par l'équation suivante :

$$(3) \qquad \cos\Phi = \frac{A_1 \cos\Phi_1 + A_2 \cos\Phi_2 + A_3 \cos\Phi_3}{A_1 + A_2 + A_3}.$$

Phasemètre symétrique a six circuits. — Un phasemètre composé de trois bobines fixes recevant chacune le courant d'une des phases et de trois bobines mobiles recevant des courants proportionnels à la tension des trois phases donne des résultats toujours comparables, même quand les charges ne sont pas équilibrées.

Pour l'étalonnage d'un semblable phasemètre avec du courant continu il faut faire passer le courant dans une seule des bobines mobiles et donner aux intensités dans les bobines fixes des rapports convenables comme on l'a vu précédemment.

Des essais de vérification de la théorie ont été entrepris par l'auteur sur un phasemètre de ce type construit par MM. Everett et Edgecumbe, et ont montré quelques petits écarts, mais il faut dire que ces essais sont très laborieux parce qu'ils exigent la lecture de neuf instruments et qu'ils sont affectés par les erreurs de ceux-ci.

Si les bobines mobiles de ce phasemètre sont reliées à des résistances non inductives et montées en étoile, elles reçoivent des courants proportionnels aux tensions entre le point neutre et chacun des sommets; le calcul montre dans ce cas que l'on peut, pour des charges équilibrées, supprimer deux des bobines fixes et revenir au phasemètre à quatre bobines examiné au début.

Phasemètre symétrique a cinq circuits. — Si l'on supprime le courant dans une des bobines mobiles de l'appareil précédent on obtient un système qui donne encore le facteur de puissance pour des charges équilibrées, mais qui, lorsque les charges sont inégales sur les trois circuits, donne

$$\cos\left(\Phi + \frac{1}{3}\theta_0\right),$$

θ_0 étant défini comme ci-dessous.

Erreur de phase due aux charges non équilibrées. — Un phasemètre peut donner une lecture θ différente de l'angle Φ cherché; si l'erreur commise est θ_0 on a

$$\theta = \Phi + \theta_0;$$

si θ_0 est petit, on peut écrire

$$\frac{\theta_0}{\cos\Phi}\frac{d\cos\Phi}{d\Phi} = -\theta_0 \operatorname{tang}\Phi,$$

et dans ces conditions θ_0 correspond à l'erreur causée dans les wattmètres par la différence de phase entre la tension et le courant dérivé; l'erreur augmente avec Φ.

Lorsque les intensités dans les trois circuits ne sont pas égales, mais diffèrent entre elles de petites quantités ε_1, ε_2, ε_3, on peut écrire pour chacun des courants :

$$A_1 = A(1+\varepsilon_1), \quad A_2 = A(1+\varepsilon_2), \quad A_3 = A(1+\varepsilon_3),$$

avec

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0;$$

la quantité ε, définie par l'expression

$$3\varepsilon^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2,$$

donne la mesure de l'écart d'équilibrage (out of balance), et l'on peut démontrer que l'erreur commise sur le facteur de puissance est proportionnelle à ε.

Résumé. — Les phasemètres pour courants polyphasés sont tous également exacts pour des circuits équilibrés, lorsqu'ils ont été correctement étalonnés. Les indications sont indépendantes de la forme du courant et de la fréquence.

Les phasemètres peuvent être étalonnés à l'aide de courants continus.

L'erreur de phase sur circuits non équilibrés est généralement importante; elle augmente quand le facteur de puissance diminue. Si le facteur de puissance réel est $\cos\Phi$, l'instrument indique $\cos\Phi + \theta_0 \sin\Phi$.

La valeur maximum de θ_0 est, pour un instrument composé d'une seule bobine d'une part et de deux ou trois bobines d'autre part,

$$\theta_0 = \varepsilon\sqrt{2};$$

pour l'appareil symétrique à cinq bobines (trois d'une part, deux de l'autre)

$$\theta_0 = \frac{1}{3}\varepsilon\sqrt{2};$$

enfin θ_0 est nul pour les appareils rigoureusement symétriques à six bobines. H. A.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs. — Pratt. USAP. 816375, 25 juillet 1904. — Richmond et Clark. BP. 12618, 1905. — Schierstkiner Metallwerke. DRP. 172775, 1er déc. 1905. — Siemens-Schuckertwerke. DRP. 171802 et 173840, 26 et 28 juin 1905 (collecteur pour moteur de compteur). — Smith. DRP. 170871, 24 mars 1905 (crapaudine pour axe de compteur vertical). — Société anonyme d'éclairage Électrique du Secteur de la Place Clichy. BF. 363737, 28 fév. 1906 (perfectionnements aux compteurs électriques). — Société genevoise pour la Construction d'Instruments de Physique et de Mécanique. DRP. 23 août 1904 (compteur Ferraris). — Thomson-Houston Cy (British). BP. 2039 et 12507, 1905 (compteur à paiement préalable). — Thomson-Houston (Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés). BF. 363699, 31 janvier 1906 (perfectionnements aux compteurs électriques).

Appareils de mesure divers : Andrews. BP. 8391, 1905 (appareils de mesure). — Arcioni. DRP. 171600, 8 sept. 1905 (wattmètre pour courant alternatif). — Arno. BF. 360557, 16 déc. 1905 (procédé permettant de découvrir, mesurer et enregistrer éventuellement à distance des courants électriques, si faibles qu'ils soient, tels que les courants téléphoniques). — Baehr. USAP. 819706, 10 sept. 1904. — Christensen. DRP. 172607, 7 mai 1904 (pont pour la mesure de la résistance au contact des prises de terre). — Daird. USAP. 820978, 12 oct. 1904 (voltmètre). — Electric Signal und Kraftanlangen Walter Blut. DRP. 171870, 13 août 1905 (galvanomètre). — Evershed. USAP. 812196, 27 fév. 1904 (ohmmètre). — Fauvin, Amiot et Cheneaux. BF. 363205, 6 fév. 1906 (amortisseur à pistons équilibrés pour appareils de mesure). — Ferrié et Carpentier. BF. 363166, 16 janvier 1906 (appareils de mesure des courants périodiques). — Féry. BP. 26691, 1905 (galvanomètre thermo-électrique).

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

DIVERS.

Sur la détermination des points de transformation de quelques aciers par la méthode de la résistance électrique, par P. FOURNEL (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 2 juillet 1906, p. 46-49). — On sait que, si l'on soumet un échantillon d'acier à des températures croissantes, la résistance électrique de cet échantillon subit de brusques variations aux températures pour lesquelles il se produit des modifications dans la constitution de l'acier ; si donc on mesure la résistance électrique de l'échantillon à diverses températures et si l'on représente graphiquement sa variation en portant en abscisses les températures et en ordonnées les valeurs trouvées pour la résistance, on aura une courbe présentant des discontinuités, et les températures correspondant à ces discontinuités feront connaître les températures pour lesquelles la constitution se modifie, autrement dit, les points de transformation de l'acier. — Cette méthode, utilisée par de nombreux expérimentateurs, n'avait toutefois permis jusqu'ici de mettre nettement en évidence que le point de transformation appelé A_3 par M. Osmond (passage du fer de l'état β à l'état γ) ; M. Fournel a été plus heureux : il a pu également caractériser sur quelques échantillons le point A_1 (dissociation de la cémentite) et le point A_2 (fin de la transformation du fer α en fer β).

Les mesures ont été effectuées sur des fils de $0^{mm},3$ de diamètre et de $0^{m},30$ environ de longueur. Ces fils étaient enroulés sur une double feuille de mica et chauffés dans le vide par un four électrique à résistance. Pour mesurer la résistance d'un fil, celui-ci était placé en série avec un ohm étalon et un courant de quelques centièmes d'ampère était lancé dans le circuit ; on mesurait avec un potentiomètre la différence de potentiel aux extrémités du fil et celle entre les bornes de l'ohm étalon ; le rapport donnait la résistance cherchée. Cette méthode présente l'avantage d'éliminer les variations de résistance des autres parties du circuit et de ne pas exiger une source de force électromotrice rigoureusement constante. Les températures étaient données par un couple Le Chatelier dont la soudure était placée entre les deux feuilles de mica. Chaque échantillon était au préalable recuit dans le vide à 1000° ; on avait soin d'opérer dans chaque série de mesures avec la même vitesse d'échauffement et de refroidissement.

Les mesures ont porté sur huit échantillons ; l'auteur donne pour cinq d'entre eux les courbes de variation de leur résistance pour des températures croissantes ; les points de transformation se manifestent par des points anguleux sur les courbes. Ces cinq échantillons contenaient des proportions différentes de carbone (0,08 à 1,05 pour 100), de silicium (0 à 0,33) et de manganèse (0,25 à 0,57). Le point de transformation A_1 n'apparaît pas dans l'échantillon le moins riche en carbone, mais il apparaît à 670° et 695° pour les deux échantillons dont la teneur en carbone est immédiatement plus grande (0,11 et 0,22 pour 100). Le point A_2 se manifeste pour ces trois échantillons aux températures respectives 775°, 780° et 740° ; l'influence de la teneur en manganèse est nettement marquée et a pour effet d'abaisser la température d'autant plus que cette teneur est plus élevée. Pour ces trois mêmes échantillons, le point A_3 se produit aux températures 880°, 890° et 790° ; là encore l'influence du manganèse se trouve accusée. Enfin, pour les deux autres des cinq échantillons signalés, les plus riches en carbone (0,37 et 1,05 pour 100), les trois transformations se produisent à peu près en même temps (vers 740°) et dans un intervalle de température d'autant plus restreint que l'alliage est plus riche en éléments étrangers.

Sur la variation de la résistance électrique des aciers en dehors des régions de transformation, par P. FOURNEL (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 30 juillet, p. 287). — Outre les résultats indiqués dans la Note précédente, l'auteur a constaté que la résistance électrique d'un acier varie d'une façon différente suivant que la température est inférieure ou supérieure à celle des points critiques. Dans la Note qui nous occupe il indique les conséquences de la discussion de ces résultats pour les températures inférieures à 600° et pour celles supérieures à 900°, c'est-à-dire ne comprenant pas de point de transformation. — Dans le cas où la température est inférieure à 600°, la courbe représentative de la résistance en fonction de la température se compose d'une droite suivie d'une branche de parabole très relevée. Par suite, la variation en fonction de la température, du coefficient de variation $\frac{dR}{dt}$, se trouve représentée par une droite horizontale suivie d'une droite inclinée. La composition chimique de l'élément a une influence marquée, d'une part sur la valeur initiale de $\frac{dR}{dt}$, d'autre part sur la température qui correspond au changement brusque de l'allure de la courbe de résistance. L'auteur a reconnu que, si l'on fait pour chaque échantillon la somme des produits des teneurs en éléments étrangers par les poids atomiques correspondants, on trouve des nombres qui se rangent dans l'ordre inverse des températures de changement d'allure des courbes et aussi en ordre inverse des valeurs de $\frac{dR}{dt}$ pour les basses températures. Toutefois le nombre des échantillons étudiés (4 seulement) est trop peu considérable pour qu'il soit permis de regarder ces relations comme générales. — Au-dessus de 900° l'accroissement de résistance est presque rigoureusement proportionnel à la température ; le coefficient de variation est beaucoup plus faible qu'au-dessous de 600° ; en outre, contrairement à ce qui a lieu dans ces dernières conditions, sa valeur paraît être d'autant plus grande que la somme des produits des teneurs par les poids atomiques est elle-même plus grande.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES.

Papier et cellulose. — L'emploi du papier comme isolant est aujourd'hui extrêmement répandu dans la confection des câbles téléphoniques et l'on cherche d'ailleurs à l'utiliser également dans celle des câbles à fort courant. Malgré cela, on manque encore de données sérieuses sur les propriétés électriques du papier et c'est pour combler cette lacune que M. A. Campbell, du Laboratoire national de Physique de l'Angleterre, a entrepris, sur la demande de M. Gavey, ingénieur en chef du Post Office, une série de recherches sur le papier employé dans la fabrication des câbles téléphoniques anglais; ces recherches ont été décrites dans une Communicatio à la Société Royale, dont on trouvera ci-dessous une analyse.

Ce que l'on demande avant tout aux câbles téléphoniques est d'avoir une capacité aussi faible que possible; il convient donc que le pouvoir inducteur spécifique du papier qui entoure les fils soit aussi faible que possible. Quant à la résistance d'isolement des conducteurs, elle dépend moins du papier que de l'air qui baigne le conducteur et les bandes de papier : pourvu que l'air soit bien sec, ce que l'on obtient en donnant au câble une enveloppe hermétique et en remplaçant au besoin l'air humide par de l'air sec, peu importe la plus ou moins grande résistivité du papier qui sépare mécaniquement les fils. Aussi M. Campbell s'est-il occupé seulement de la mesure du pouvoir inducteur spécifique.

Les nombreux échantillons essayés provenaient de quatre manufactures de câbles différentes; tous étaient de papier à pâte de bois chimique. Les papiers à pâte de bois mécanique, ou à pâte de jute, de chanvre ou de sparte, ont, en effet, d'après une enquête à laquelle s'est livrée la Society of Arts, une durée moins longue que ceux à pâte chimique et pour cette raison ne sont pas admis dans la confection des câbles. Comme on le verra, il résulte des mesures faites sur ces échantillons que le pouvoir inducteur spécifique du papier étudié est égal à 2 environ; ce nombre est le même que celui donné antérieurement par M. Jona et concorde avec les résultats de mesures récentes de M. S. von Pirani [1], qui a trouvé des nombres compris entre 2,0 et 2,6.

[1] Berlin, *Dissertation*, 1903.

Comme le papier peut être considéré comme un mélange de cellulose et d'air, l'auteur s'est trouvé amené à déterminer le pouvoir inducteur spécifique de la cellulose compacte, afin de s'assurer s'il n'était pas possible de déterminer *a priori* le pouvoir inducteur d'un papier, connaissant la proportion d'air et de cellulose qu'il renferme et le pouvoir inducteur de la cellulose compacte. Les résultats des mesures et des calculs relatés plus loin montrent que, malheureusement, il n'est pas possible de faire cette prédétermination.

Dans l'étude de la cellulose compacte, M. Campbell a joint à la mesure du pouvoir inducteur celle de la résistivité et la détermination de la variation de ces deux grandeurs avec la température. Il a trouvé que le pouvoir inducteur de la cellulose bien sèche augmente en même temps que la température, dans la proportion d'environ 12 pour 100 (de 6,7 à 7,5) pour une variation de température de 20° à 70° C., et que la résistivité décroît très rapidement, passant de 1600.10^6 à 20.10^6 mégohms-cm quand la température passe de 25° à 65°. Si la cellulose est imprégnée d'humidité par abandon prolongé dans l'air atmosphérique et n'est desséchée que superficiellement au moment des mesures au moyen d'air sec, on constate une augmentation plus rapide du pouvoir inducteur qui passe de 14,5 pour 20° à 23,2 pour 65°, et une diminution moins rapide de la résistivité, celle-ci étant déjà à la température ordinaire, plusieurs millions de fois plus faible que celle de la cellulose bien sèche. Ces grandes variations de la résistivité, sous l'influence de la température, sont attribuées par l'auteur à une action secondaire de celle-ci : la cellulose, même celle qui a été desséchée pendant plusieurs jours à l'étuve, contiendrait toujours une petite quantité d'eau formant avec elle un composé dissociable par la chaleur, et les variations de la résistivité, ainsi d'ailleurs que celle du pouvoir inducteur, seraient dues au changement de composition du système en état de dissociation.

Quoi qu'il en soit de la valeur de l'explication, une conséquence de la diminution de la résistivité par élévation de température est que la résistance d'isolement des câbles téléphoniques à papier doit diminuer rapidement à mesure que la température s'élève; et la rapidité de cette diminution doit se trouver accélérée par le fait que l'eau qu'abandonne la cellulose, sous l'action de la chaleur, rend plus

humide et, par suite, meilleur conducteur, l'air environnant. Or, c'est bien ce qui a été trouvé dans des essais faits sur des câbles sous la direction de de M. Gavey.

Une autre conséquence des résultats de M. Campbell est que l'influence de la température sur la capacité des câbles téléphoniques à papier doit être faible, si toutefois le papier a été bien desséché, puisque la variation du pouvoir inducteur de la cellulose très sèche n'est que de 6 à 7 pour 100 entre 20° et 70° et que, en outre, la cellulose ne forme qu'une faible portion du diélectrique hétérogène constitué par l'air et le papier entourant les conducteurs du câble. Un essai fait par M. Gavey ne confirme pas cette conséquence, car le câble essayé accuse une augmentation assez importante de la capacité avec la température. Mais ce résultat ne peut non plus l'infirmer, car le câble n'avait à froid qu'une assez faible résistance d'isolement, ce qui paraît indiquer que le papier de ce câble n'était pas très sec. En fait, un autre essai effectué sur un câble à résistance d'isolement beaucoup plus grande montra que l'augmentation de la capacité n'était guère que 2 pour 100 pour une variation de température de 15° à 45° (1).

M. Campbell a, d'ailleurs, utilisé les dispositifs montés pour l'étude du papier à l'étude des propriétés électriques de deux sortes de celluloses acétiques. Ces celluloses acétiques ont pris récemment une certaine importance pratique par suite de leur emploi pour l'isolation des fils (fils à l'acétate pour lesquels les fabricants revendiquent divers avantages). Dans cette application, une haute résistivité devient la qualité la plus importante; les résultats obtenus par M. Campbell montrent que cette résistivité est très élevée, de l'ordre des dizaines des mégamégohms-cm. Quant au pouvoir inducteur spécifique, il ne faut pas, bien que l'importance soit moindre, qu'il soit très élevé, car il y a toujours intérêt à ce que la capacité des bobines soit faible; M. Campbell a trouvé que ce pouvoir inducteur est environ 4,7, soit environ deux fois et demie celui du papier.

(1) On trouvera la relation de ces essais page 145 de ce numéro.

Pouvoir inducteur spécifique du papier sec, par ALBERT CAMPBELL, du National Physical Laboratory. Mémoire présenté à la Royal Society (*Electrician*, t. LVII, 31 août 1906, p. 784-786). — La plus grande difficulté de ces essais réside dans le maintien de la siccité des échantillons pendant la durée des mesures; le papier absorbe en effet avec une très grande rapidité l'humidité de l'air et il en résulte un accroissement notable du pouvoir inducteur spécifique ainsi qu'une importante diminution de résistance comme l'indique la figure 3 donnée dans la seconde partie.

Méthodes d'essais. — Les échantillons de papier, taillés en carrés de 10^{cm} de côté, sont tout d'abord séchés dans une étuve chauffée électriquement et dont la température est maintenue à 110°C. environ. Ensuite on mesurait leur pouvoir inducteur spécifique par deux méthodes.

A. L'échantillon encore chaud est placé entre deux disques en gutta dont les faces en regard, d'environ 50^{cm^2} de surface, sont couvertes de papier d'étain; ces disques ont été au préalable séchés et chauffés. Un poids de 15^{kg} est placé sur le disque supérieur, séparé de lui par une plaque isolante. On mesure ensuite pendant son refroidissement la capacité du condensateur ainsi constitué.

B. L'échantillon est glissé entre les armatures d'un petit condensateur à lame d'air formé de deux disques de cuivre parfaitement plans d'une surface de 50^{cm^2} et maintenus à une distance de $0^{mm},6$ environ par trois petites cales en ébonite. Ce condensateur est maintenu dans un dessiccateur; les conducteurs soudés à ses armatures sortent du dessiccateur par une tubulure hermétiquement close dont ils sont bien isolés par un tube d'ébonite et une couche de soufre. On mesure successivement les capacités du condensateur avant et après l'introduction de l'échantillon (1).

Mesures des capacités. — La mesure des capacités est faite avec le dispositif de Maxwell, représenté en figure 1. Un commutateur rotatif dont la partie mobile

(1) La connaissance de ces deux capacités C_1 et C_2, celle de la distance e entre armatures ainsi que de l'épaisseur e_2 de la feuille de papier, enfin celle de la surface s des armatures permettent de trouver facilement le pouvoir inducteur k du papier.

On a, en effet, en négligeant l'effet perturbateur des bords,

$$C = \frac{s}{4\pi e \times 900\,000} \text{ microfarads} = \frac{a}{e},$$

en représentant par a une certaine constante. Si l'on appelle x la variation de capacité due à l'influence des bords, on aura pour les capacités mesurées

$$C_1 = x + \frac{a}{e}, \qquad C_2 = x + \frac{a}{e_1 + \frac{e_2}{k}},$$

e_1 désignant l'épaisseur $e - e_2$ de la lame d'air après l'introduction de la feuille de papier.

On déduit de là

$$k = \frac{C_2 - C_1 + C}{C - (C_2 - C_1)\frac{e_1}{e_2}}.$$

Faisons remarquer que dans son Mémoire l'auteur donne une formule différente,

$$k = \frac{C_2 - C_1 + C}{C\frac{e_2}{e_1} - (C_2 - C_2)};$$

mais, comme il est facile de le voir en suivant ses calculs, cela provient d'une confusion entre e_1 et e_2 dans l'une des formules intermédiaires.

est indiquée en m, opère la charge du condensateur P, puis sa décharge en court-circuit, n fois par seconde. La charge s'effectue à travers un pont de Wheatstone dont le galvanomètre est à longue période d'oscillation. La force électromotrice de la pile de charge est d'environ 40 volts.

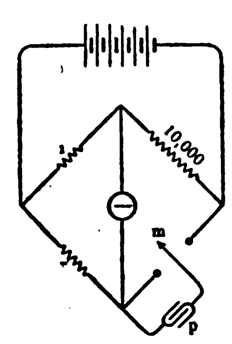


Fig. 1.

La résistance r est réglée de manière à avoir presque l'équilibre du pont, puis on fait varier la vitesse de rotation du commutateur jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre soit exactement au zéro. La capacité est calculée au moyen de formules usuelles; on en retranche la capacité du commutateur et des fils de connexions que l'on détermine par une mesure à blanc.

Correction due à la conduction. — Pour la plupart des échantillons on fit deux mesures avec des vitesses de rotation du commutateur différentes (généralement 20 et 40 charges et décharges par seconde). On trouva parfois des capacités différentes, la valeur la plus grande correspondant à la fréquence la plus faible. Ce résultat doit être attribué à la pénétration des charges dans la lame isolante du condensateur qui se comporte alors comme s'il était en dérivation avec une grande résistance. Quand l'effet de la conduction à travers le diélectrique ne paraissait pas négligeable on faisait la correction nécessaire (1).

Contrôle des mesures. — Les capacités mesurées étaient toutes très petites, comprises entre 0,0002 et 0,001 microfarad, et la correction provenant de la capacité du commutateur et des fils de connexions atteignait 0,00001, c'est-à-dire le vingtième de la plus petite capacité mesurée; de plus, les condensateurs n'étaient pas munis d'anneaux de garde et aucune correction n'était faite de l'influence perturbatrice des bords. Pour se rendre compte sur quelle approximation on pouvait néanmoins compter, on construisit un condensateur étalon ayant une capacité du même ordre de grandeur que les condensateurs soumis aux essais et l'on détermina la capacité de ce condensateur d'une part par le calcul, d'autre part avec les dispositifs décrits.

Ce condensateur étalon était constitué par deux plans de verre, travaillés optiquement, à faces argentées et séparés par des cales en ébonite ou en papier sec. La surface des armatures était d'environ 100^{cm^2}; l'épaisseur d'air, déterminée par la mesure des épaisseurs des cales, variait de $0^{mm},3$ à $0^{mm},5$. La perte par conductibilité était assez grande; on en tenait compte en faisant la correction précédemment indiquée.

Les calculs et mesures conduisirent aux valeurs suivantes de la capacité :

Capacité calculée.	Capacité observée.
mfd	mfd
0,000243	0,000244
0,000153	0,000153

La concordance est aussi satisfaisante que possible.

Mesure de l'épaisseur du papier. — Cette mesure était faite immédiatement après la détermination de la capacité. Comme la surface du papier est fort irrégulière il était difficile d'obtenir l'épaisseur exacte. Après avoir essayé plusieurs dispositifs l'auteur fit usage d'un bon sphéromètre; la surface d'appui de la vis était de $0^{cm^2},2$ et la pression d'environ $1^{kg:cm^2}$. Cette pression est environ trois fois plus grande que celle réalisée dans le condensateur à plateaux en gutta; suivant l'auteur cette augmentation de pression compenserait l'accroissement de capacité provenant de la pénétration probable de la feuille d'étain du condensateur dans les creux de la surface des échantillons de papier.

Résultats des essais. — Quelques-uns de ces résultats sont donnés dans le Tableau de la page 155; avec le condensateur à disques de gutta plusieurs mesures furent faites avec trois feuilles de papier superposées.

Il résulte des chiffres trouvés que les deux méthodes d'essais donnent des résultats aussi concordants qu'on pouvait l'espérer, mais que le pouvoir inducteur varie sensiblement d'un échantillon à l'autre. Or, en déterminant les densités de 6 échantillons on trouva que l'ordre de ces densités, comprises entre 0,55 et 0,78, était le

(1) Soient C la capacité vraie du condensateur, C_1 et C_2 les capacités apparentes trouvées avec les fréquences n_1 et n_2, R la résistance de la lame isolante, σ la fraction de tour pendant laquelle le condensateur est connecté au pont, fraction qui peut être déterminée par la mesure de la longueur des contacts et de la vitesse de rotation du commutateur; on a

$$\frac{\sigma}{n_1 R} + C = C_1, \qquad \frac{\sigma}{n_2 R} + C = C_2.$$

On en déduit

$$C = C_1 - \frac{n_2}{n_1 - n_2}(C_2 - C_1) \qquad \text{et} \qquad R = \frac{n_1 - n_2}{n_1 n_2}\,\frac{\sigma}{C_2 - C_1}.$$

Dans le but de vérifier ces formules on mesura la capacité apparente d'un condensateur parfaitement isolé de 1,011 microfarad, après l'avoir shunté avec une résistance de 100000 ohms, puis avec une résistance de 10000 ohms, deux fréquences (14 et 28 environ) étant utilisées dans chaque cas. On trouva pour C, par l'application de la formule, 1,020 et 1,009 microfarad, bien que les valeurs de C_1 et C_2 fussent, dans l'essai avec 10000 ohms, très différentes, respectivement 2,3 et 4,7 microfarads.

Ayant ensuite calculé σ en utilisant les résultats des mesures faites avec la résistance de 100000 ohms, on trouva 0,463 alors que les mesures directes sur le commutateur conduisaient au nombre 0,446.

Adoptant $\sigma = 0,463$ et prenant les résultats trouvés dans l'essai avec la résistance de 10000 ohms, on calcula cette résistance et l'on obtint 100×10^3, c'est-à-dire la valeur exacte.

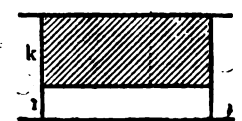
même que celui des pouvoirs inducteurs. Il était donc présumable que les différences du pouvoir inducteur provenaient d'une porosité plus ou moins grande des échantillons, la cellulose constituant le papier ayant dans tous le même pouvoir inducteur. Cette hypothèse conduisit à mesurer le pouvoir inducteur de la cellulose compacte, dont il est question plus loin, et dont la valeur fut trouvée égale à 6,8, et à calculer le pouvoir inducteur du papier en le considérant comme un mélange d'air et de cellulose [1].

	Pouvoir inducteur spécifique.		
	Avec condensateur à plateaux de gutta.		Avec condensateur à lame d'air.
Épaisseur. mm	1 feuille.	3 feuilles.	
0,08	2,5	2,6	//
0,12	1,8	//	1,8
0,13	1,9	1,9	//
0,18	2,1	2,2	//
0,19	2,3	//	2,1
0,25	1,9	//	2,0
0,25	2,0	//	1,8
0,28	1,8	//	1,7
0,28	2,0	//	1,9
0,50	2,2	2,3	//

Pour ce calcul il faut connaître le rapport q du volume occupé par la cellulose à celui occupé par l'air. Ce rapport se déduit facilement de la connaissance de la densité de la cellulose, 1,5 environ, de la densité d de l'échantillon de papier et de celle de l'air que l'on peut considérer comme nulle vis-à-vis des précédentes; on a en effet

$$q = \frac{d}{1,5 - d}.$$

Mais il faut faire une hypothèse sur la façon dont la cellulose et l'air sont répartis dans la feuille de papier; on peut admettre, comme cas extrêmes, que les fibres de cellulose sont toutes disposées parallèlement aux faces de la feuille de papier, ou qu'elles sont toutes disposées perpendiculairement à ces faces; les figures 2 et 3 indiquent schématiquement ces hypothèses. Si k_1 et k_2 sont



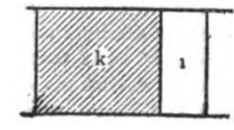


Fig. 2 et 3.

les pouvoirs inducteurs spécifiques correspondants, il est aisé de voir que l'on a

$$k_1 = \frac{(1+q)k}{q+k}, \qquad k_2 = \frac{1+kq}{1+q}.$$

Le calcul de q, k_1 et k_2 ayant été fait pour un certain nombre d'échantillons, on obtient les résultats consignés dans le Tableau suivant, qui donne en même temps la valeur observée k_p du pouvoir inducteur spécifique de chaque échantillon.

[1] L. SILBERSTEIN, *Wied. Ann.*, t. LVI, 1895, p. 661.

q.	k_1.	k_2.	$\frac{1}{2}(k_1+k_2)$.	k_p.
0,577	1,45	3,12	2,28	1,93
0,629	1,49	3,23	2,36	1,89
0,843	1,64	3,65	2,70	2,21
0,930	1,70	3,79	2,75	2,25
1,078	1,79	4,02	2,90	2,30

On voit par ces chiffres qu'il est impossible de déduire le pouvoir inducteur d'un échantillon de papier d'après sa densité; toutefois les chiffres de la colonne k_1 ont quelque intérêt pour les spécifications relatives aux papiers employés comme isolants dans la confection des câbles téléphoniques, car ils indiquent les valeurs minima de la capacité que l'on peut obtenir avec un papier de densité donnée. La comparaison des chiffres des colonnes k_1, k_2, k_p montre en outre que la plupart des fibres de cellulose sont disposées parallèlement aux faces des feuilles de papier, ce qui était à prévoir d'après le mode de fabrication.

Pouvoir inducteur, résistivité et rigidité diélectrique de la cellulose compacte, par A. CAMPBELL (*Electrician*, t. LVII, 7 sept. 1906, p. 814-816). — La cellulose employée dans ces essais était préparée en traitant par un alcali une solution de cellulose dans le xanthogénate de sodium, étendant le précipité sur une lame de verre, séchant à 60° C., puis lavant la feuille avec une solution de chlorure de sodium, des solutions acides et de l'eau pure.

Les échantillons se présentaient sous la forme de feuilles transparentes de 0mm,06 à 0mm,3 d'épaisseur. Pour la plupart des essais, ces feuilles étaient desséchées pendant plusieurs jours dans une étuve dont la température était progressivement élevée de 80° à 110° C. Par suite de la nature colloïdale de la cellulose cette dessiccation est fort longue, mais la réabsorption de l'humidité de l'air est beaucoup plus lente que pour les feuilles de papier.

Pour la mesure du pouvoir inducteur on essaya d'abord de constituer des condensateurs avec armatures en papier d'étain en utilisant les disques en gutta employés dans les essais sur le papier; mais on constata qu'il n'y avait pas contact satisfaisant entre les feuilles d'étain et les surfaces bien lisses de la feuille de cellulose. On constitua alors les armatures par du mercure que l'on versait chaud dans des capsules de gutta pressées contre les faces de la feuille; les mesures préliminaires de capacité faites avec deux feuilles de mica d'épaisseurs différentes donnèrent alors des résultats concordants, montrant ainsi que ce dispositif donne des surfaces de contact très satisfaisantes.

Quelques-unes des mesures de capacité furent effectuées par la méthode de Maxwell. Toutefois, dans le but d'éviter la polarisation, on emploie le plus souvent le dispositif indiqué par la figure 1, où K et S représentent respectivement le condensateur à cellulose et le condensateur étalon, N un téléphone, M une membrane microphonique (faisant environ 800 oscillations par seconde) et T un transformateur. Lorsque, par le réglage des résistances R_1 et R_2, on a rendu le téléphone silencieux, le rapport de ces résistances est égal

à celui des capacités. Les résultats obtenus avec des feuilles d'épaisseurs comprises entre $0^{mm},06$ et $0^{mm},3$ sont très concordants; ils sont résumés dans le Tableau suivant qui donne également la résistivité mesurée par

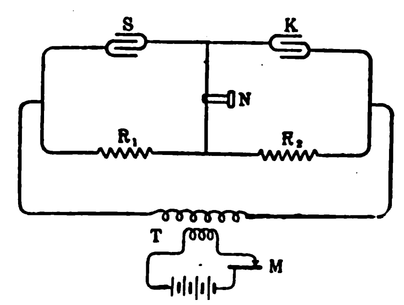


Fig. 1. — Dispositif pour la mesure du pouvoir inducteur.

la méthode de la déviation après une minute d'électrification à 200 volts (en opérant avec 2 minutes d'électrification on trouve des résistivités 20 à 30 pour 100 plus élevées).

Température. C	Pouvoir inducteur.	Résistivité. mégohm-cm
20°	6,7	»
25°	»	1600×10^6
30°	6,8	900×10^6
40°	7,0	330×10^6
50°	7,2	125×10^6
60°	7,3	40×10^6
65°	»	20×10^6
70°	7,5	»

Les figures 2 et 3 représentent, d'après les nombres de ce Tableau, la variation du pouvoir inducteur spécifique et de la résistivité en fonction de la température;

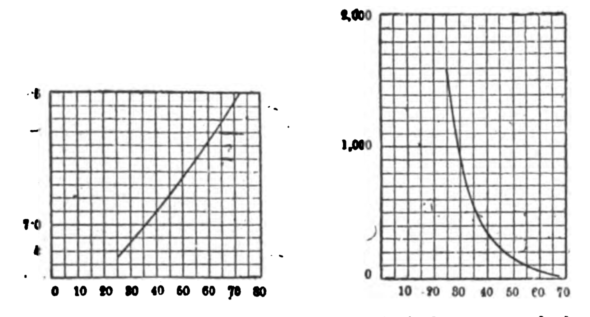


Fig. 2 et 3. — Variations du pouvoir inducteur et de la résistivité en fonction de la température.

dans les deux les températures sont portées en abscisses; les ordonnées de la première représentent les pouvoirs inducteurs, celles de la seconde les résistivités en mégamégohms-cm.

La rigidité diélectrique de la cellulose parfaitement desséchée a été trouvée égale à environ 500000 volts : cm.

Des essais ont également été faits dans l'air sec sur des feuilles de cellulose imprégnées d'humidité par une longue exposition à l'air. Pour la mesure du pouvoir inducteur on ne peut utiliser le dispositif de Maxwell, la polarisation donnant des déplacements importants du zéro. Le dispositif à téléphone de la figure 1 ne donna pas non plus de bons résultats par suite de la conductivité de la cellulose; il fallut shunter le condensateur étalon par une résistance et employer une source d'électricité de plus grande fréquence. Cette source était constituée par un vibrateur microphonique ([1]) représenté par la figure 4.

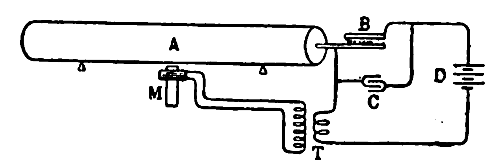


Fig. 4. — Vibrateur microphonique.

Dans cette figure, A représente une tige d'acier dur soutenue en ses points nodaux, B un contact microphonique shunté par un condensateur C, D une pile, M un aimant de téléphone, T un transformateur. Lorsque la tige est mise en vibrations, elle provoque des variations dans l'intensité du courant traversant le transformateur et par suite dans l'intensité du courant traversant la bobine entourant l'aimant M; il en résulte des variations d'aimantation qui entretiennent le mouvement vibratoire de la tige. Le courant alimentant le pont de Wheatstone est fourni par une seconde bobine, non figurée, entourant l'aimant M. On arrive ainsi à obtenir une fréquence de 2000 périodes par seconde. Quand le téléphone du pont est silencieux le rapport des résistances R_1 et R_2 est égal à celui des capacités et au rapport de la résistance shuntant le condensateur étalon et de la résistance d'isolement du condensateur étudié. La mesure donne donc en même temps la capacité et la résistance d'isolement.

Les résultats des mesures montrent que le pouvoir inducteur est bien plus élevé pour la cellulose légèrement humide que pour la cellulose parfaitement sèche : il est égal à 14 à 16° et atteint 23 à 65° si la température est rapidement poussée. Si l'on maintient la température à une même valeur pendant quelque temps, en permettant à l'humidité de s'échapper, le pouvoir inducteur diminue peu à peu jusqu'à une valeur limite qui dépend de la température. La cellulose étant compacte ces variations du pouvoir inducteur ne peuvent être attribuées à une absorption ou à une perte de l'humidité de l'air enfermé, hypothèse que l'on fait quand il s'agit du papier; aussi l'auteur pense-t-il que la cellulose forme avec l'eau diverses combinaisons chimiques ayant des pouvoirs inducteurs différents et que ces combinaisons se dissocient sous l'influence de la chaleur.

Les résultats concernant la résistivité montrent que cette résistivité diminue très rapidement quand la température augmente. Des mesures de résistivité faites

([1]) Pour plus amples renseignements sur les vibrateurs microphoniques, *voir* : R. APPLEYARD, *Electrical Review*, t. XXVI, 1890, p. 57 et 656; J.-E. TAYLOR, *Inst. of Elec. Eng.*, t. XXXI, 1901, p. 396; F. DOLEZALEK, *Zeits. für Instrumentenkunde*, août 1903, p. 240.

en mesurant le courant produit à travers la cellulose par une différence de potentiel constante indiquent une chute également très rapide, mais les valeurs absolues données par cette dernière méthode sont environ 10 fois plus grandes que celles que fournit la méthode à courant de haute fréquenee.

Les mesures de rigidité diélectrique ont donné 250000 volts : cm, soit la moitié de celle de la cellulose compacte.

Pouvoir inducteur et résistivité de la cellulose acétique, par A. CAMPBELL (*Electrician*, t. LVII, 7 septembre 1906, p. 816). — Les essais ont porté sur deux espèces de cellulose acétique, une cellulose triacétique, fournie par M. C.-F. Cross, et une cellulose provenant d'Allemagne et contenant à la fois de la cellulose triacétique et de la cellulose tétracétique. Ce dernier échantillon contenait également des traces de soufre combiné, probablement à l'état d'acide sulfurique; la présence de cet acide s'expliquerait d'ailleurs par le fait que, dans la fabrication de l'acéto-cellulose, l'acide acétique est additionné d'acide sulfurique pour activer la réaction.

Ces deux espèces de cellulose acétique furent étudiées sous forme de feuilles, obtenues par évaporation sur une lame de verre de leur dissolution dans du chloroforme.

La cellulose triacétique présente un pouvoir inducteur spécifique d'environ 4,7 quand elle a été simplement séchée dans l'air sec; ce pouvoir tombe à 3,9 si elle a été desséchée à l'étuve; l'influence de la température est faible : 1 pour 100 de variation du pouvoir inducteur pour une variation de température de 40°. La résistivité, mesurée approximativement par une électrification de 1 minute sous 200 volts, est de 200×10^6 mégohms-cm à 16°,5 pour l'échantillon séché à l'air sec et dépasse 9000×10^6 mégohms-cm à 26° pour celui séché à l'étuve.

Pour la cellulose acétique d'origine allemande, les mesures du pouvoir inducteur ont donné des valeurs peu concordantes, mais toujours un peu plus élevées que celles de la cellulose triacétique pure. Par contre, sa résistivité est notablement moindre : mesurée à 26° elle n'est que de 13×10^6 mégohms-cm pour les échantillons séchés à l'air sec et de 121×10^6 mégohms-cm pour les échantillons séchés à l'étuve.

Caoutchouc et gutta. — Deux Notes récentes à l'Académie des Sciences se rapportent à ces isolants. Dans l'une, présentée à la séance du 25 juin, MM. J. Costantin et I. Gallaud décrivent les caractères botaniques d'une liane sarmenteuse de Madagascar, appelée *Kompitsé*, nouvellement découverte par M. Geay, voyageur du Muséum, et dont les indigènes tirent un latex abondant renfermant du caoutchouc. D'ordinaire ce latex est mélangé à celui d'une autre plante, le *Dangolora*, également découverte par M. Geay, et ce latex donne le caoutchouc connu à Madagascar sous le nom de *Manomby* et que les techniciens à qui il a été soumis déclarent « utilisable et de bonne qualité moyenne ». Ces deux plantes sont très abondantes dans les plaines alluviales de l'ouest et du sud-ouest de Madagascar.

Dans l'autre Note se trouvent quelques renseignements sur les principes constituants de la gutta du *Palaquium Treubi*; une analyse en est donnée ci-dessous :

Sur les principes de la gutta-percha du *Palaquium Treubi*, par E. JUNGFLEISCH et H. LEROUX (*Comptes rendus*, t. CXLII, 28 mai 1906, p. 1218-1221). — En traitant par l'alcool en ébullition l'extrait toluénique concentré des feuilles du *Palaquium Treubi*, l'hydrocarbure de la gutta est précipité; en évaporant à sec la liqueur alcoolique et toluénique, puis lavant le résidu à l'alcool bouillant, on obtient une substance insoluble qui, purifiée par plusieurs cristallisations dans la benzine bouillante, donne un produit à point de fusion constant (260°); c'est ce produit, auquel ils donnent le nom de *paltreubine*, que les auteurs ont étudié.

La paltreubine se présente sous forme de petites aiguilles incolores et soyeuses; par évaporation lente de sa solution benzénique, elle se dépose en fines aiguilles clinorhombiques (Wirouboff); chauffée au bloc Maquenne, sous un couvre-objet, elle se sublime, vers 230°, en prismes allongés assez caractéristiques sans mélanges d'autres cristaux. Elle est inactive sur la lumière polarisée. La benzine et le toluène chauds sont ses meilleurs dissolvants; à froid ils la dissolvent à peine. Elle est presque insoluble dans la plupart des autres véhicules, à chaud comme à froid.

D'après l'analyse, la formule de la paltreubine est $C^{30}H^{50}O$, ce qui en fait un isomère des amyrines, substances étudiées par M. Vesterberg; mais l'ensemble de ses propriétés physiques et chimiques montre qu'il y a seulement isomérie et non identité.

Les auteurs ont pu dériver de la paltreubine deux alcools et deux éthers acétiques dont ils ont étudié les propriétés.

NOTATIONS TECHNIQUES.

Bien que tout le monde reconnaisse les avantages considérables que présenterait l'unification du langage, des notations, des symboles et des abréviations, nous sommes loin encore de cette unification. Notre confrère, M. Ed. Hospitalier, qui depuis longtemps lutte pour obtenir ce résultat, le sait mieux que personne et, appliquant le proverbe qu'un clou ne saurait être enfoncé du premier coup, il revient sur ce sujet dans le numéro de l'*Industrie électrique*, du 25 août.

Si l'unification des notations présente des difficultés réelles, dont la moindre est le défaut d'un nombre suffisant de lettres dans les alphabets usuels, l'unification des définitions, symboles et abréviations n'en devrait rencontrer aucune.

« L'unification, fait remarquer M. Hospitalier, des définitions et symboles des principales grandeurs, de leurs unités et abréviations, ne nécessite aucune inno-

vation. Il suffit, soit d'observer des prescriptions légales, telles que celles du décret du 20 juillet 1903, soit de se rallier à des décisions du Bureau international des Poids et Mesures, et à celles de divers Congrès tenus dans ces dernières années. »

Et, pour mettre ses lecteurs à même de contribuer à cette unification, M. Hospitalier reproduit dans son article ces documents officiels; il ajoute :

« Une circulaire récente de M. le ministre de l'Instruction publique vient de rendre obligatoire dans l'enseignement l'application de la loi du 11 juillet 1903 et du décret du 28 juillet (relatifs aux unités fondamentales du système métrique).

» Espérons que l'Académie des Sciences, le Bureau des Longitudes dans son Annuaire, les Écoles techniques et l'Imprimerie nationale voudront bien se conformer aux prescriptions de cette circulaire. Les notations fantaisistes adoptées par ces corps constitués dépassent toute mesure, et il n'est que temps de mettre un peu d'ordre dans ce désordre, à moins que la susdite circulaire ne dure, comme la plupart des autres circulaires... l'espace d'un matin... »

Personnellement nous nous associons volontiers au vœu de notre excellent confrère, de voir le plus rapidement possible réalisée l'uniformisation des abréviations, elle dépend d'ailleurs moins des auteurs que des habitudes des imprimeurs. Mais la loi et le décret de 1903 (qui ne s'occupent que des unités de longueur, de surface, de volume et de mesure) ne peuvent rien sur l'appellation correcte des nombreuses grandeurs et unités employées en Physique; leur application dans l'enseignement ne pourra empêcher que l'on exprime des pressions en kilogrammes, des densités en grammes, des vitesses en mètres, etc., comme nous l'avons vu dans des livres d'enseignement imprimés il y a un an au plus pour répondre aux nouveaux programmes; elle n'empêchera pas non plus qu'on trouve dans ces livres des définitions incorrectes (comme celle-ci : la vitesse est l'espace parcouru en une seconde), ni que les définitions des grandeurs et unités électriques, quoique parfois déduites correctement des notions qui les précèdent, ne soient presque jamais celles adoptées par les Congrès et sanctionnées cependant par la loi sur les unités électriques.

Il y a déjà plusieurs années que, pour notre part, nous désirerions une entente des professeurs de l'enseignement secondaire au sujet de l'unification des définitions des grandeurs et des unités qu'ils emploient dans leurs cours; unification qui éviterait sans aucun doute à leurs élèves des échecs dans les examens quand les questions posées à ceux-ci portent sur ces sujets. Mais les quelques jalons que nous avions posés dans ce but nous ont convaincu que notre proposition n'aurait guère plus de succès que celles de M. Hospitalier.

Les idées dont celui-ci s'est fait le pionnier et le champion paraissent, en effet, n'avoir guère pénétré jusqu'ici parmi les professeurs : les quelques mots que nous disions plus haut en donnent la preuve. Nous le regrettons d'autant plus qu'elles nous semblent de nature à éviter bien des confusions; en particulier nous nous sommes bien trouvé, et nos élèves aussi, de la substitution des expressions *masse volumique* et *poids volumique* à celles de *densité absolue* et de *poids spécifique absolu*. Quelques collègues pensent de même. Mais comment faire partager cette opinion aux nombreux professeurs de physique alors que ceux d'entre eux qui publient leurs cours, et ce sont nécessairement les plus autorisés, ne paraissent pas s'en préoccuper?

J. B.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Comité d'électricité. — Par décret en date du 20 août 1906, rendu sur la proposition du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, le Comité d'électricité dont la création a été prévue par l'article 20 de la loi du 15 juin 1906, sur les distributions d'énergie, a été composé ainsi qu'il suit :

REPRÉSENTANTS PROFESSIONNELS FRANÇAIS DES GRANDES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES (15). — MM. Boutan, directeur de la Compagnie du Gaz de Lyon; Brachet, directeur du Secteur électrique des Champs-Elysées; Brylinski, sous-directeur de la Société du Triphasé; Cordier, directeur général de la Société « Energie électrique du littoral méditerranéen »; Equer, directeur de la Compagnie générale parisienne de Tramways; Fontaine (Hippolyte), ingénieur-électricien, administrateur des Ateliers des machines Gramme; Guillain, président du Conseil d'administration de la Compagnie française pour l'exploitation des brevets Thomson-Houston; Harlé de la maison Sautter-Harlé et Cie; Hillairet, ingénieur-constructeur; Lauriol, ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la Ville de Paris; Mascart, membre de l'Institut, directeur du Bureau central météorologique; Meyer (Ferdinand), directeur de la Compagnie continentale Edison; Pavie, directeur général de la Compagnie générale française de Tramways; Picou, ingénieur des arts et manufactures; Sartiaux (Albert), ingénieur en chef de l'exploitation de la Compagnie du Chemin de fer du Nord.

FONCTIONNAIRES, REPRÉSENTANTS DES ADMINISTRATIONS PUBLIQUES INTÉRESSÉES (15). — 1° *Administration de l'intérieur*. — MM. Bruman, conseiller d'Etat, directeur de l'Administration départementale et communale; Collomp, chef du 4e bureau de la direction départementale et communale; Michaux, agent-voyer en chef de Seine-et-Oise.

2° *Administration des travaux publics*. — MM. Maurice Lévy, inspecteur général des Ponts et Chaussées de 1re classe; Monmerqué, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Weiss, ingénieur ordinaire des mines.

3° *Administration des postes et télégraphes*. — MM. Guillebot de Nerville, ingénieur des postes et télégraphes, professeur-adjoint d'électricité à l'École nationale des Ponts et Chaussées; Maureau, ingénieur en chef des télégraphes; Devaux-Charbonnel, ingénieur des télégraphes.

4° *Administration de la guerre*. — MM. le lieutenant-colonel Curmer, chef de la section technique du génie; le lieutenant-colonel Bertrand, directeur du laboratoire des recherches relatives à l'aérostation militaire; le capitaine

Cordier, professeur-adjoint du cours d'artillerie à l'école d'application de l'artillerie et du génie.

5° *Administration de l'agriculture.* — MM. Dabat, directeur de l'hydraulique et des améliorations agricoles; Pochet, inspecteur général de l'hydraulique; Troté, chef du service technique hydraulique.

M. Mascart a été nommé président du comité;
M. Monmerqué a été nommé secrétaire.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Compagnie Continentale Edison. — A l'assemblée générale du 9 mai 1906, le Conseil d'administration a présenté le Rapport suivant :

L'ensemble des lampes alimentées qui s'élevait, au 31 décembre 1904, à 325069 lampes de 10 bougies pour 5056 abonnés a atteint au 31 décembre 1905, 344880 lampes de 10 bougies pour 5773 abonnés, soit une augmentation de 19811.

Nos recettes en 1905 n'ont pas suivi la progression que nous étions en droit d'espérer, car la concurrence du gaz continue à se faire sentir auprès des commerçants qui constituent la principale partie de notre clientèle.

Néanmoins, nos encaissements se sont élevés de 6127211fr,21 à 6267159fr,39, soit une augmentation de 139948fr,18 sur l'exercice précédent.

Le bénéfice d'exploitation de nos diverses entreprises a passé de 3965423fr,14 à 3990011fr,35, en augmentation de 24588fr,21.

D'autre part, le produit des valeurs de portefeuille a passé de 222530fr,15 à 325472fr,70.

Nous proposons de fixer le dividende pour l'exercice 1905 à l'ancien chiffre de 40fr, ce qui permet d'amortir une somme de 2520000fr.

Voici, Messieurs, l'analyse du bilan et du compte de profits et pertes :

BILAN.

Actif.

1° Espèces en caisse ou en banque et effets en portefeuille		fr 1251734,96
2° Rentes françaises et étrangères, Bons du Trésor français et étrangers, obligations de chemins de fer garanties par l'État		9203222,40
3° Comptes débiteurs, comprenant les abonnés et les acheteurs, et dans lesquels ne figure aucune créance douteuse		767067,92
4° Marchandises en magasins		192211,79
5° Immobilisations, terrains, bâtiments, usines, et installations d'électricité.		
Ce Chapitre s'élevait au 1er janvier 1905 à 789721fr,10 pour les immeubles et à 4077200fr,59 pour les usines et le matériel, soit au total	fr 4866921,69	
Il s'est augmenté de 231806fr,50 par l'acquisition d'un terrain rue Bergère, dont nous avons jugé prudent de devenir propriétaire en vue de l'extension éventuelle de notre Usine du Faubourg Montmartre	231806,50	
Il s'est également augmenté de 274422fr,29 par l'addition de machines réceptrices et d'un câble destiné à amener à Paris le courant de l'Usine de la Société d'Électricité de Paris	274422,29	
Total	5373150,48	
qui par l'amortissement de	2520000,00	
est réduit à		2853150,48
6° Loyers d'avance, installations et mobilier du siège social		21526 »
7° Impôts et droits de transmission à recouvrer		61336,60
Total de l'actif		14350250,15

Passif.

1° Capital social		fr 10000000 »
2° Réserve légale et fonds d'amortissement du capital		560535,10
3° Provision pour parer aux fluctuations du portefeuille		197310,25
4° Comptes créditeurs		2510398,92
5° Redevance due aux Parts de fondateur et dividendes restant à payer aux actions		22219,99
6° *Comptes de profits et pertes :*		
Report de l'exercice 1904	9481,32	
Bénéfice net de l'exercice 1905	1050304,37	
		1059785,89
Total égal à l'actif		14350250,15

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Crédit.

Intérêts des fonds disponibles	24700,02
Produit des valeurs de portefeuille	325172,70
Bénéfice d'exploitation des Usines, et installations d'électricité	3990011,35
Divers	11367,95
Total	4351552,02

Débit.

Frais généraux	fr 117449,15	
Redevance aux Parts de fondateur	5600 »	
Amortissement et dépréciations	2520000 »	
Participation de la Société civile fondée par les créateurs de la Station Drouot	641356,05	
Divers	16842,25	
		3301247,45
Bénéfice net		1050304,57
De ce bénéfice, il y a lieu de déduire pour la réserve légale 5 pour 100		52515,20
Reste		997689,37
En y ajoutant le report de l'exercice 1904		9481,32
on obtient un total de		1007270,69
sur lesquels il y a lieu de prélever d'abord l'intérêt de 6 °/. aux actions		600000 »
Reste		407270,69
Sur ce surplus, nous vous proposons de répartir, dans les proportions indiquées à l'article 43 des Statuts :		
1° 15 pour 100 pour le Conseil d'administration	60000 »	
2° 50 pour 100 pour les actionnaires comme dividende supplémentaire	200000 »	



3° 35 pour 100 pour les Parts de fondateur	140 000 »	
		400 000 »
Et de reporter à nouveau		7 270,69

La part revenant aux actions sera ainsi de 600 000 + 200 000 = 800 000^{fr}, soit 40^{fr} par action, sur lesquels un acompte de 15^{fr} a été distribué le 1er janvier 1906. Il revient un solde de 25^{fr} par action (sous déduction de l'impôt) payable à partir du 1er juillet 1906.

Les Parts de fondateur auront à se partager :

1° Le montant des redevances acquises conformément à l'article 42 des Statuts	5 600 »
2° La part leur revenant en vertu de l'article 43	140 000 »
Total	145 600 »

Soit, pour chacune des 14 000 parts, 10^{fr}, 40 (sous déduction de l'impôt) à payer le 1er juillet 1906.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1905.

Actif.

	fr
Banques et caisses, effets en portefeuille	1 251 734,96
Valeurs de portefeuille	9 203 222,40
Comptes débiteurs	767 067,92
Approvisionnements en magasins	192 211,79
Immobilisations : terrains, bâtiments, usines et installations d'électricité	2 853 150,48
Loyers d'avance, installation et mobilier du siège social	21 526 »
Impôts et droits de transmission à recouvrer	61 336,60
Total de l'actif	14 350 250,15

Passif.

Capital social		10 000 000 »
Fonds d'amortissement du capital		11 342,70
Réserve légale		549 192,40
Provision pour parer aux fluctuations du portefeuille		197 310,25
Comptes créditeurs et dépenses non réglées au 31 décembre 1905		2 510 398,92
Redevance aux Parts de fondateurs et dividendes restant à payer		22 219,99
Profits et pertes. { Report de l'exercice 1904	9 481,32	1 059 785,89
Bénéfice net de l'exercice 1905	1 050 304,57	
Total du passif		14 350 250,15

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Pertes.

	fr
Frais généraux	117 449,15
Redevances aux parts de fondateurs	5 600 »
Amortissement et dépréciation du matériel	2 520 000 »
Participation de la Société civile fondée par les créateurs de la Station Drouot	641 356,05
Divers	16 842,25
Bénéfice net	1 050 304,57
Total	4 351 552,02

Profits.

Intérêts des fonds disponibles	21 700,02
Produits des valeurs de portefeuille	325 472,70
Bénéfice d'exploitation des usines et installations	3 990 011,35
Divers	11 367,95
Total	4 351 592,02

INFORMATIONS DIVERSES.

Télégraphie. CABLE FRANÇAIS MADAGASCAR-RÉUNION. — Ce câble passera par l'île Maurice et mettra ainsi la Réunion en relation avec la France soit par la voie de Mozambique, soit par la voie de Maurice.

Electrométallurgie. — PROJET D'USINE ÉLECTROSIDÉRURGIQUE EN AMÉRIQUE. — On sait qu'à la suite du rapport du docteur Haanel sur les essais d'électrosidérurgie dont la mission canadienne avait été le témoin en Europe, M. Heroult a été rappelé en Amérique pour faire à Sault-Sainte-Marie des essais en vue d'utiliser les minerais canadiens pulvérulents à la fabrication de la fonte. Les résultats obtenus ayant été satisfaisants, une usine avec four de 2000 kilowatts va être construite à Band, en Californie et sera prête à fonctionner avant 6 mois; sa production journalière ne sera tout d'abord que de 20 tonnes, mais elle sera rapidement portée à 600 ou 800 tonnes si les résultats sont bons.

Matériaux électrotechniques. — PRODUCTION ET CONSOMMATION DU CAOUTCHOUC. — Suivant l'*Elektrotechnik und Machinenbau* la production mondiale annuelle du caoutchouc est de 57 000 tonnes et sur ce chiffre 55 pour 100 reviennent à l'Amérique du Sud et à l'Afrique. Quant à la consommation, elle se répartit comme il suit : États-Unis 26 400 tonnes, Allemagne 12 800 tonnes, Angleterre 10 000 tonnes, France 4130 tonnes, Autriche-Hongrie 1320 tonnes, Hollande 1218 tonnes, Belgique 748 tonnes, Italie 588 tonnes.

PRODUCTION ET CONSOMMATION DU MICA AUX ÉTATS-UNIS. — D'après un Rapport, signalé dans l'*Electrical World* du 25 août, de M. G.-O. Smith au U. S. Geological Survey, la production du mica en 1905 a été limitée aux États suivants, cités suivant l'ordre de l'importance de l'extraction : Caroline du Nord, Colorado, New Hampshire, Georgia, Dakota du Sud et New Mexico. La production totale de mica en feuilles s'est élevée à 388 000^{kg} environ, représentant une valeur de 929 500^{fr}; la Caroline du Nord à elle seule en a produit 350 000^{kg} dont la valeur n'est toutefois que de 425 000^{fr}, par suite de la petitesse de dimensions des feuilles. La production totale du mica en paillettes a été de 856 tonnes, valant 76 275^{fr}, dont 175 tonnes d'une valeur de 11 875^{fr} extraites dans la Caroline du Nord. La valeur totale du mica extrait en 1905 est donc de 1 005 775^{fr} alors qu'elle ne s'élevait qu'à 601 580^{fr} en 1904. La valeur des importations est environ le double de celle de la production nationale.

Tome VI. **N° 66. — 30 septembre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ACCUMULATEURS.

Montage des éléments de réduction des batteries d'accumulateurs, par F. LOPPÉ (*L'Industrie électrique*, t. XV, 25 août 1906, p. 377-379). — Dans deux précédents articles (analysés récemment dans ces colonnes, t. VI, 15 et 30 juillet, p. 7 et 39), l'auteur étudiait, d'une part, les procédés de charge des batteries-tampons dans les usines non pourvues de survolteurs, d'autre part les divers dispositifs utilisés pour assurer le fonctionnement des survolteurs-dévolteurs. Dans celui-ci il examine les diverses manières dont on peut disposer et grouper les éléments de réduction d'une batterie, en vue de diminuer le nombre des connexions des éléments avec le Tableau, connexions toujours très coûteuses, puisqu'elles sont parcourues par la totalité du courant de décharge.

Dans le cas d'une batterie de réserve, c'est-à-dire chargée en dehors des périodes de travail, les limites de tension d'un élément sont 2,1 volts et 1,8 volt. Par suite, le nombre maximum d'éléments nécessaires pour alimenter le réseau à tension constante U est U : 1,8 et le nombre minimum U : 2,1; le nombre d'éléments de réduction, qui est la différence des deux précédents, est alors 0,08 U. Quand la batterie sert de tampon, c'est-à-dire qu'elle est chargée en même temps qu'elle débite, la tension d'un élément peut varier entre des limites plus considérables, 2,5 volts et 1,8 volt; le nombre des éléments de réduction devient alors 0,156 U, soit près du double du précédent.

Pour diminuer le nombre des éléments de réduction, on les monte parfois en Allemagne de manière à pouvoir les mettre au besoin en opposition avec la batterie principale. Le nombre total des éléments de la batterie est toujours $N = U : 1,8 = 0,556 U$. Si x est le nombre des éléments de réduction, on doit avoir la relation

$$(N - x)2,5 - 2,10x = U,$$

car c'est lorsque la tension de chaque élément de la batterie principale atteint sa valeur maximum de charge, 2,5 volts, que les éléments de réduction sont mis en opposition et, comme ceux-ci se déchargent alors, leur tension tombe rapidement à 2,10 volts. De cette relation on tire $x = 0,084 U$. Il ne faut donc plus que la moitié des éléments nécessaires dans le cas ordinaire, mais ces éléments travaillent dans de bien plus mauvaises conditions encore que dans ce dernier cas.

Un autre procédé consiste à disposer à l'une des extrémités de la batterie un certain nombre d'éléments de réduction, n par exemple, et à grouper à l'autre extrémité les éléments par séries de $n+1$. Les premiers éléments permettront de faire varier la tension totale par sauts de 2 volts environ; les groupes de $n+1$ éléments la feront

varier par sauts de $2(n+1)$ volts, mais on conçoit facilement qu'on puisse toujours limiter la variation de tension à 2 volts en manœuvrant convenablement les réducteurs des éléments de l'une et l'autre extrémité : par exemple, lorsqu'on aura enlevé les n éléments individuels on enlèvera ensuite tout un groupe de $n+1$ éléments, mais en remettant en même temps en circuit les n éléments enlevés précédemment. Il est bien évident qu'à nombre total égal des éléments de réduction, ce mode de montage exigera moins de connexions au Tableau que le montage ordinaire. M. Loppé, s'appuyant des formules déjà établies dans une analyse antérieure [1], a calculé les nombres des connexions nécessaires pour un nombre d'éléments de réduction N compris entre 19 et 23 (ce qui correspond à un réseau à 110 volts, pour lequel N est au moins 17) et pour diverses valeurs de n. Les résultats de ces calculs sont consignés dans le Tableau suivant :

NOMBRE d'éléments à gauche n.	NOMBRE d'éléments à droite m.	NOMBRE total d'éléments de réduction.	NOMBRE DE CONNEXIONS à gauche.	à droite.	total
0	18	18	0	19	19
1	9	19	2	10	12
2	6	20	3	7	10
3	4	19	4	5	9
4	3	19	5	4	9
5	3	19	6	4	10
6	2	20	7	3	10
7	2	23	8	3	11
8	1	17	9	2	11

On voit que le nombre minimum de connexions a lieu pour $n = 3$ ou $n = 4$, comme l'indique d'ailleurs la formule rappelée en note, laquelle donne $n = 3,36$.

Procédé de préparation de flocons ou d'écailles métalliques, par Thomas Alva Edison (Brevet américain 821627 du 30 mars 1905). — On sait que les écailles métalliques servent en particulier comme conducteurs dans les anodes-nickel. Pour les préparer ici, on sublime d'abord du chlorure de cobalt dans un lent courant de gaz carbonique. Les beaux cristaux ainsi obtenus sont traités ensuite par une solution chaude de potasse jusqu'à transformation complète en hydroxyde de la masse qui garde sa structure cristalline. Après lavage et séchage, l'hydroxyde, chauffé dans une cornue, est réduit par un courant d'hydrogène. On obtient alors des écailles de cobalt très pur et dont il suffit d'un très faible poids pour assurer la conductibilité de la matière active. On peut préparer également des écailles en nickel-cobalt en remplaçant dans la préparation ci-dessus décrite le chlorure de cobalt par un mélange de celui-ci avec du chlorure de nickel. L. J.

Sur la résistance mécanique des alliages plomb-antimoine employés dans la construction des grilles d'accumulateurs, par G. Rosset (*Centralblatt f. Accumulatoren,* t. VIII, 20 juin 1906, p. 159). — Pour éviter la rupture des nervures de la grille par suite de la formation Planté, il faut choisir un alliage possédant la résistance mécanique la plus élevée pour la dureté la plus faible. En un mot, on doit utiliser l'alliage qui donne la valeur maximum pour le rapport entre la résistance mécanique et la dureté. Mais comme il faut tenir compte, d'autre part, que le plomb doux étant plus mou est susceptible d'un allongement plus grand avant rupture, l'alliage le plus convenable sera celui qui, dans le voisinage du maximum qui vient d'être indiqué, donnera un allongement encore élevé. En d'autres termes, on devra choisir l'alliage pour lequel le rapport $\frac{\text{résistance mécanique} \times \text{allongement}}{\text{dureté}}$ passe par un maximum.

L'auteur a déterminé l'allongement relatif $\frac{\Delta l}{l_0}$, l_0 étant

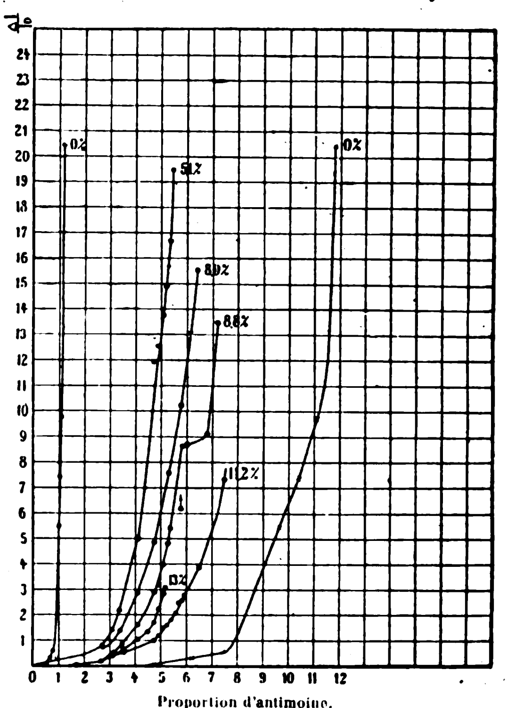


Fig. 1.

la longueur initiale, en fonction de l'effort de traction exprimé en kilogrammes par millimètre carré de

(1) Ce mode de montage a été en effet signalé par M. Liebenow dans une Communication faite le 28 mars 1905 à la Société électrotechnique de Berlin et analysée en détail dans ce journal (t. IV, 30 juillet 1905, p. 53). Dans cette analyse a été établie la relation $n = \sqrt{N+1} - 1$ qui doit exister entre le nombre total d'éléments de réduction et le nombre n d'éléments individuels pour que le nombre de connexions au Tableau de distribution soit minimum. On y trouvera également un Tableau donnant ce nombre minimum pour des valeurs de N égales à 20, 22, 25 et 57 et des valeurs de n comprises entre 0 et 10.

section. Il a obtenu ainsi les différentes courbes de la figure 1. Sur ces courbes se trouve indiquée la teneur de l'alliage en antimoine.

Dans le Tableau suivant, ainsi que dans les courbes de la figure 2, on a exprimé, en fonction de la teneur

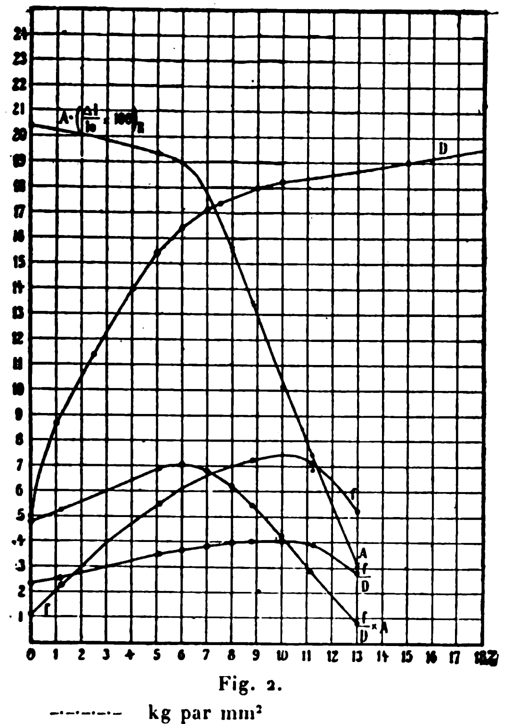


Fig. 2.

-·-·-·-·- kg par mm²
-×-×-×- 0,100 kg par mm² (plomb pur)

en antimoine, la tension de rupture f, la dureté D, l'allongement proportionnel à la rupture $A = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \times 100\right)_R$ et, enfin, le rapport $\frac{f}{D}$ et $\frac{f}{D} \times A$.

Teneur de l'alliage en pour 100 d'antimoine.	Charge de rupture en kg : mm², f.	Dureté en kg : mm², D.	Allongement proportionnel de rupture, en pour 100, $A=\left(\frac{\Delta l}{l_0}\times 100\right)_R$.	$\frac{f}{D}$.	$\frac{f}{D}\times$ A.
0	1,18	5,0	20,4	0,236	4,8144
1,2	2,3	9,0	20,2	0,256	5,1712
5,1	5,5	15,4	19,4	0,357	6,9258
6	6,1	16,4	18,9	0,372	7,0308
7	6,6	17,2	17,7	0,384	6,7968
8	7,0	17,6	15,6	0,398	6,2088
8,8	7,2	18,0	13,5	0,400	5,4000
10	7,4	18,2	10,45	0,407	4,2532
11,2	7,1	18,4	7,3	0,386	2,8178
13	5,2	18,7	3,1	0,278	0,8618

Comme on le voit, la courbe $\frac{f}{D}$ passe par un maximum pour la teneur 10 pour 100 en antimoine; la courbe $\frac{f}{D} \times$ A présente son maximum pour la teneur 6 pour 100.

Au point de vue de la durée des grilles, on doit donc choisir un alliage entre 6 et 10 pour 100, mais plus rapproché de 6 pour 100. En prenant, en particulier, l'alliage à 8 pour 100, on trouve que $\frac{f}{D}$ a déjà atteint presque sa valeur maximum pendant que $\frac{f}{D} \times$ A possède encore une valeur voisine du maximum de la courbe. La teneur de 8 pour 100 suffit donc pour couler aisément les grilles les plus délicates. La raideur de la grille obtenue est très convenable. En outre, pour cette teneur, la résistivité n'a pas encore atteint son maximum (correspondant à 10 pour d'antimoine), ce qui est encore un avantage.

Il y a lieu de remarquer qu'en pratique les efforts exercés sur l'alliage sont appliqués lentement et progressivement. Or, pour la même charge, l'allongement est d'autant plus considérable que la charge est appliquée longtemps. L'influence de la rapidité d'application de la charge peut se traduire, pour l'alliage à 8 pour 100, par une diminution (6,4 au lieu de 7 kg : mm²) de la charge de rupture.

La présence de grains d'oxyde dans l'alliage est extrêmement nuisible, car elle produit une diminution de section et, par suite, de résistance mécanique pendant que, d'autre part, elle augmente la surface soumise à la formation Planté. Pour éviter la présence d'oxyde, il faut avoir soin de ne pas maintenir longtemps à trop haute température le bain en fusion, de ne pas laisser un excès de crasses à la surface du bain, de ne pas couler insuffisamment de métal dans le moule, ou de ne pas couler avec un métal trop froid, ce qui ne permet pas aux impuretés de remonter à la surface dans l'intérieur du moule.

Addition de particules métalliques à la matière active des accumulateurs alcalins. Kölner Accumulatoren-Werke. GOTTFRIED HAGEN (Brevet allemand 170558 du 12 novembre 1904; *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VII, 20 mai 1906, p. 138). — La matière active est additionnée ici de fines écailles de nickel que l'on produit de la façon suivante :

Dans un bain approprié de sel de nickel on dispose comme cathode une plaque d'aluminium ou de zinc sur laquelle on électrolyse une couche très mince de nickel. La plaque étant ensuite trempée dans une lessive alcaline ou un acide, le nickel reste inattaqué tandis que le métal sous-jacent se dissout. Par cette opération la pellicule de nickel se détache en écailles plus ou moins grandes selon l'électrode et le dissolvant employés. La même plaque peut resservir tant qu'elle conserve une solidité mécanique suffisante. L. J.

TRACTION ET LOCOMOTION.

MOTEURS DE TRACTION.

Projet de réglementation relative aux moteurs de traction à courant continu, présenté au Congrès international de Milan de l'Union internationale de tramways et chemins de fer d'intérêt local, par G. Kapp, professeur à l'Université de Birmingham, ancien secrétaire général de l'Association allemande des électriciens; G. Rasch, professeur à l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle; A. Blondel, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, à Paris; E. d'Hoop, directeur du Service technique à la Société « Les tramways bruxellois »; C.-H. Macloskie, ingénieur en chef à l'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft; Swinburne, ancien président de l'Association anglaise des électriciens, et Wyssling, professeur à l'École Polytechnique de Zurich.

Prescription générale. — § 1. — Les prescriptions suivantes devront être observées dans les offres de vente et dans l'exécution éventuelle de celles-ci, à moins qu'elles n'aient été préalablement modifiées par un accord intervenu entre le vendeur et l'acheteur.

Définitions. — § 2. — *Puissance.* — Par *puissance mécanique* développée par un moteur, ou simplement par *puissance* d'un moteur, il faut entendre la puissance développée à l'essieu moteur, dans les conditions énoncées ci-dessous ([1]).

Par *puissance permanente* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par ledit moteur pendant 10 heures consécutives, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré dans le sens indiqué au paragraphe *Échauffement* (*voir* § 6).

Par *puissance normale* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par ledit moteur pendant une durée ininterrompue de 1 heure, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré, dans le sens indiqué au paragraphe *Échauffement* (*voir* § 6).

Par *puissance maximum* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée pendant 5 minutes consécutives, la production d'étincelles au collecteur étant pratiquement nulle.

§ 3. — *Effort de traction.* — Par effort de traction d'un moteur, il faut entendre la force tangentielle développée dans les conditions prévues ci-dessous dans le paragraphe *Réception*, par le moteur considéré, pour un rapport déterminé des engrenages, à la périphérie d'une roue fixée sur l'essieu du diamètre spécifié pour les roues motrices ([1]).

§ 4. — *Vitesse.* — La vitesse d'un moteur est la vitesse produite à la périphérie des roues motrices pour le rapport des engrenages précité.

§ 5. — *Rendement.* — Il faut entendre par rendement d'un moteur, le rapport entre la puissance mécanique développée par le moteur et la puissance électrique fournie aux bornes du moteur, le courant étant livré sous la tension normale de service.

§ 6. — *Échauffement.* — L'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré lorsque, partant d'une température de l'air ambiant supposée égale à 25° C., le moteur atteint, après 10 heures de marche à la puissance permanente ou après 1 heure de marche à la puissance normale, une température finale dépassant celle de l'air ambiant, des valeurs suivantes :

a. Pour les enroulements :

Isolés au coton	70° C.
Isolés au papier	80° C.
Isolés au mica, amiante ou autres substances présentant les mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité	100° C.
b. Pour les collecteurs	80° C.

c. Pour les parties métalliques dans lesquelles sont noyés les enroulements, la valeur correspondant à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé pour ceux-ci.

Lorsque les enroulements sont à isolements combinés, on prendra la limite inférieure.

Indications. — § 7. — Dans les offres de vente, on donnera, outre la tension normale de service, les indications suivantes, toutes rapportées à la tension normale de service :

1° La puissance permanente du moteur et l'intensité de courant correspondante;

2° La puissance normale du moteur et l'intensité de courant correspondante;

3° La puissance maximum du moteur et l'intensité de courant correspondante;

4° Le rendement pour la puissance permanente et le rendement pour la puissance normale, le moteur étant supposé être à la température de 75° C.;

5° La nature des matières isolantes;

([1]) Dans certains cas particuliers, il peut y avoir intérêt à déterminer la *puissance propre* du moteur, à l'exclusion des organes de transmission (engrenages, essieux, etc.). La dénomination *propre* sera dans ce cas ajoutée à chacune des catégories de puissance définies dans le paragraphe *Puissance*.

([1]) Dans les cas où il serait envisagé des moteurs sans transmission, l'effort *propre* de traction sera celui que donnerait un bras de levier de 50cm, supposé monté sur l'arbre de l'induit.

6° Les dimensions d'encombrement du moteur.

On indiquera de plus le coefficient de réduction des engrenages et, pour un diamètre déterminé des roues, l'effort de traction et la vitesse pour les puissances permanentes normale et maximum.

On indiquera dans un graphique l'effort de traction, la vitesse et le rendement du moteur en fonction de l'intensité de courant [1].

PLAQUE INDICATRICE. — § 8. — Outre les indications précitées, contenues dans l'offre de vente, chaque moteur comportera une plaque indicatrice de puissance, sur laquelle seront indiqués la tension normale de service, la puissance normale, le nombre total de tours, ainsi que l'intensité de courant correspondante.

CONSTRUCTION. — § 9. — L'inducteur sera construit sous forme de cuirasse, de manière à éviter les fuites magnétiques. La cuirasse du moteur devra offrir une étanchéité parfaite contre la poussière et l'eau qui, en service, viendraient à être projetées sur ladite cuirasse.

La cuirasse comportera des ouvertures de visite à fermeture hermétique destinées à l'entretien des balais.

Par entretien des balais, il faut comprendre non seulement le remplacement des balais, mais aussi le remplacement des porte-balais.

§ 10. — Les paliers devront être construits de façon à éviter toute introduction d'huile de graissage à l'intérieur du moteur.

§ 11. — Le moteur et notamment le collecteur et les balais devront être construits de façon à ce que, pour une position fixe des balais dans le cas d'une marche dans deux sens, la production d'étincelles soit pratiquement nulle pour n'importe quelle charge dans la limite de la puissance maximum.

§ 12. — L'isolement des enroulements par rapport à la masse devra être tel que, aussitôt après que le moteur aura atteint la température maximum permise, il puisse résister encore pendant 5 minutes à un courant alternatif dont la tension serait le quadruple de la tension de service.

§ 13. — Tous les organes du moteur appelés à être remplacés et en particulier l'induit, les enroulements de l'inducteur, les enroulements sur gabarit de l'induit, les collecteurs, etc., doivent être tout à fait interchangeables, c'est-à-dire que ces organes doivent pouvoir être remplacés sans nécessiter aucun travail ultérieur d'ajustage; le remplacement des induits devra en particulier pouvoir s'opérer sans qu'il soit nécessaire d'éloigner les porte-balais.

RÉCEPTION DES MOTEURS. — § 14. — La réception des moteurs aura lieu avant leur mise en place; cet examen portera non seulement sur les conditions générales d'une bonne fabrication et d'une bonne construction, mais spécialement sur la détermination de la puissance, de l'effort de traction, de la vitesse, du rendement et de l'échauffement.

[1] Il peut, dans certains cas, être désirable de connaître les lois d'échauffement et de refroidissement du moteur à la puissance normale et subsidiairement à d'autres puissances, aussi bien pour l'induit que pour les inducteurs, le moteur étant fermé et au repos.

A. *Détermination de la puissance mécanique.* — § 15. — La puissance mécanique du moteur pourra se déterminer soit au moyen du frein dynamométrique, soit en accouplant directement à l'essieu moteur une dynamo préalablement tarée et dont les rendements sont connus pour chaque régime. Cette dynamo ne pourra pas être remplacée par un moteur de traction analogue à celui éprouvé et actionné par son engrenage.

B. *Prescriptions pour les essais de puissance des moteurs, par la mesure de l'élévation de température.* — § 16. — La puissance des moteurs se déterminera, par définition, par la mesure de l'élévation de température.

§ 17. — Il ne sera pas permis d'enlever, d'ouvrir ou de modifier essentiellement les enveloppes, couvercles, capotes, etc., prévus pour le système régulier des moteurs; de même, on ne pourra remplacer artificiellement, dans l'essai, le courant d'air créé par le déplacement de la voiture.

§ 18. — La température ambiante sera relevée dans chacun des courants d'air existants; si aucun courant d'air prédominant ne se faisait sentir, on relèvera la température moyenne de l'air environnant le moteur, à hauteur du milieu de celui-ci, et dans les deux cas à environ 1^{m} de distance du moteur. La température ambiante sera prise à intervalles réguliers pendant le dernier quart d'heure d'essai; on en prendra la moyenne.

§ 19. — Dans le cas où, pour la mesure des températures, on se servirait d'un thermomètre, il faudra faire en sorte d'obtenir une conduction de la chaleur aussi parfaite que possible, entre le thermomètre et la partie du moteur dont on désire la relever température, par exemple au moyen d'une enveloppe en papier d'étain.

Afin d'éviter la dispersion de la chaleur, le réservoir thermométrique et les parties à mesurer seront recouverts par des substances mauvaises conductrices de la chaleur (déchets de laine sèche ou similaires).

La lecture du thermomètre ne sera pas faite avant que celui-ci ait cessé de monter.

§ 20. — On relèvera, au moyen du thermomètre, l'élévation de température de tous les organes du moteur, sauf l'élévation de température des bobines inductrices.

On relèvera autant que possible les points de plus haute température; ceux-ci serviront à déterminer la surélévation de température.

§ 21. — La température des bobines inductrices sera déterminée par la méthode des résistances.

Si le coefficient de température du cuivre n'avait pas été déterminé préalablement, on admettra pour ce coefficient la valeur de 0,004.

C. *Détermination du rendement des moteurs.* — § 22. — Pour déterminer le rendement d'un moteur seul et avec son train d'engrenage, on pourra employer la méthode du frein, en calant celui-ci dans le premier cas sur l'arbre du moteur, dans le second cas sur un faux essieu analogue à l'essieu de la voiture.

On pourra également, avec les précautions nécessaires, recourir aux méthodes purement électriques indiquées dans les paragraphes suivants.

§ 23. — Le rendement combiné des moteurs et des transmissions d'attaque se déterminera pratiquement d'après l'une des deux méthodes suivantes [1] :

a. Deux des moteurs à essayer seront accouplés mécaniquement par un faux essieu portant un organe de transmission semblable à celui à monter sur l'essieu de la voiture; ce faux essieu sera attaqué par les deux pignons des induits des moteurs à essayer.

Un des moteurs travaillera comme moteur et absorbera, pour une tension E égale à la tension normale à laquelle le moteur sera soumis en service, une énergie EI correspondant à la puissance normale des moteurs; l'autre moteur travaillera comme générateur et débitera une énergie EI'. L'énergie absorbée et l'énergie développée ayant été mesurées, le rendement d'un moteur et de sa transmission sera

$$\eta = \sqrt{\frac{EI'}{EI}}.$$

Comme contrôle, il est recommandé de mesurer l'énergie E*i* fournie au système : on a en effet

$$Ei = EI - EI' \quad \text{ou} \quad i = I - I'.$$

b. Deux des moteurs à essayer seront accouplés mécaniquement par un faux essieu portant un organe de transmission semblable à celui à monter sur l'essieu de la voiture; ce faux essieu sera attaqué par les deux pignons des induits des moteurs à essayer.

Un des moteurs travaillera comme moteur et l'autre comme générateur; ils seront accouplés électriquement entre eux de façon à n'exiger comme énergie extérieure qu'une énergie électrique P suffisante pour couvrir les pertes. Si l'on désigne par P_1 l'énergie totale fournie au moteur et par P_2 l'énergie totale développée par le générateur, on aura $P = P_1 - P_2$ et le rendement d'un moteur avec son train d'engrenage sera

$$\eta = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}.$$

Les énergies P_1 et P_2 seront mesurées directement et électriquement.

Comme contrôle, il est recommandé de mesurer également directement l'énergie P fournie au système pour couvrir les pertes.

§ 24. — Dans le cas où l'on aurait à déterminer le rendement de moteurs destinés à être calés directement sur l'essieu de la voiture, les méthodes précédentes pourront également être appliquées; il suffira d'accoupler directement les induits de deux moteurs.

(1) Les méthodes décrites ci-dessus ne sont pas théoriquement exactes, par suite des différences d'attaque des deux parties du système; l'erreur ainsi commise reste cependant dans les limites des erreurs permises, dès que le système de transmission est à faible réduction.

AUTOMOBILES.

Résultats d'essai de voitures de place électriques, à Berlin (*L'Industrie électrique*, t. XV, 25 août 1906, p. 369). — A la suite du concours de fiacres électriques qui eut lieu à Paris en 1898, on essaya à Berlin deux voitures du système Schuckert, munies d'accumulateurs Hagen. Chaque voiture faisait un parcours journalier moyen de 60^{km} et la batterie était chargée deux fois par jour. Les frais moyens, non compris le salaire du cocher, s'élevaient à $12^{fr},88$ par jour, dont $4^{fr},25$ pour l'énergie électrique, 3^{fr} pour l'entretien des accumulateurs, $4^{fr},38$ pour l'entretien des bandages et $1^{fr},25$ pour réparations diverses. Avec les tarifs de voitures de Berlin, ces dépenses étaient trop élevées pour donner lieu à une exploitation rémunératrice, et l'idée de créer un servioe de fiacres électriques fut abandonnée.

Il y a deux ans de nouveaux essais furent entrepris par deux compagnies de voitures de place qui s'associèrent dans ce but. Le 1er novembre on mit en service deux victorias, le 6 novembre deux autres victorias et le 12 décembre deux landaulets; les essais durèrent 552 jours; par suite des réparations chaque voiture sortit en moyenne 517 jours. La vitesse normale des victorias était de 15 km : h, vitesse maximum autorisée par la ville de Cologne à qui ces voitures étaient destinées; celle des landaulets était de 24 km : h. Le parcours moyen journalier a été de 60^{km}, soit 50^{km} dans le cas du service de jour et 64^{km} dans le cas du service de nuit. Le plus grand parcours accompli avec une seule charge de la batterie a été de 117^{km}. La dépense moyenne sur $31\,000^{km}$ a été de, en centimes par voiture-kilomètre :

Dépenses directes d'exploitation :	
Entretien des accumulateurs (abonnement)	3,125
Energie électrique (à $0^{fr},20$ le kw-h.)	4,375
Bandages	4,500
Réparations diverses	1,562
Salaire du cocher	11,250
Huile, etc.	0,125
Dépenses indirectes :	
Amortissements	3,875
Loyers	1,875
Taximètre	0,300
Frais de bureau, de stationnement, etc.	6,500
Total	37,387

Le parcours moyen par course étant de 4^{km} et le parcours à vide pour revenir à la station étant de $1^{km},7$, les frais par course s'élèvent donc à $2^{fr},12$ environ. Or la recette moyenne par course a été de $2^{fr},125$. Le bénéfice est donc nul. Mais ces essais ayant établi que les fiacres électriques sont généralement pris pour des courses plus longues que les fiacres à chevaux (dont la course moyenne est de 3^{km}), la taxe fixe, qui est de $0^{fr},625$ pour les fiacres à chevaux, a été portée à 1^{fr} pour les fiacres électriques. Dans ces nouvelles conditions il y aura donc excédent des recettes sur les dépenses.

APPLICATIONS THERMIQUES.

FOURS INDUSTRIELS.

Fours à réchauffer Koerting (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 2 août 1906). — On sait de quelle importance est, pour la trempe des outils, l'obtention d'une température bien déterminée et dans un récent numéro (30 juillet, p. 58) nous signalions à ce propos un indicateur magnétique permettant de déterminer très exactement la température de trempe. Le four électrique à réchauffer de MM. Koerting frères, de Berlin, en permettant de régler la température par le simple jeu d'un rhéostat et de maintenir facilement la température choisie, apporte une nouvelle contribution de l'électricité dans les ateliers métallurgiques.

Ce four est constitué par un récipient rectangulaire, en matière réfractaire, disposé dans une caisse en fer et contenant des sels métalliques (dont la nature n'est pas indiquée). Deux électrodes en charbon traversent deux des parois opposées du récipient et amènent le courant fourni par un transformateur, aux bornes duquel la tension peut être variée entre 5 et 25 volts et entre 50 et 55 volts. Comme les sels métalliques ne laissent passer aucun courant à froid, le four comporte encore une électrode auxiliaire amovible, à l'aide de laquelle, en partant d'une des électrodes fixes, on fait fondre peu à peu une bande de sel, jusqu'à ce qu'elle atteigne l'autre électrode.

Suivant l'intensité du courant fourni aux électrodes, la température du bain peut être amenée entre 750° et 1325°. Ce large intervalle de température est nécessaire, car, tandis qu'une température de 150° est suffisante pour la trempe de l'acier à outils ordinaire, on a besoin de température variant de 1000° à 1150° et même atteignant 1300° pour la trempe de l'acier travaillant à grande vitesse. La température du bain, dans lequel sont plongés les objets à chauffer, est mesurée avec un pyromètre électrique, mais le plus souvent une simple lecture à l'ampèremètre suffit pour s'en rendre compte approximativement.

Ce four se construit suivant quatre modèles ayant les dimensions suivantes :

Numéros des fours.	I.	II	III.	IV.
Section en mm².	120×120	150×150	200×200	300×300
Profond. en mm.	120	170	270	370

La puissance à dépenser pour atteindre une température déterminée dépend nécessairement : d'une part, de cette température; d'autre part, de la surface des parois du four; voici quelques valeurs de cette puissance en watts, rapportée à la surface de refroidissement (en centimètres carrés) :

Températures atteintes.	750°	850°	1000°	1150°	1300°
Puissance dépensée : en watts : cm².........	0,25	0,6	1,4	2,2	3

Ces fours électriques donnent évidemment aux pièces une température uniforme, alors que, dans les fours à gaz ou à charbon, on risque toujours de brûler certaines parties des pièces; ils évitent également l'oxydation des objets (mais n'a-t-on pas à craindre une action chimique du bain fondu?). La durée du réchauffage d'une pièce est environ le cinquième de celle du réchauffage au gaz et il ne faut pas plus d'une demi-heure pour amener le four électrique complètement froid à l'état de fonctionnement. De plus, le four peut être installé facilement en n'importe quel endroit d'un atelier. Enfin, les frais dus au remplacement des électrodes sont absolument négligeables devant ceux causés par le remplacement des cornues dans les fours à gaz ou à charbon.

BREVETS RÉCENTS (1).

Chauffage : Bourgeois. DRP. 171955 (chauffage électrique). — Bronn. DRP. 170615 et 171913, 21 mai et 17 juin 1904 (chauffage électrique des liquides). — Brown. USAP. 820282, 6 avril 1902 (bouilloire). — Cook. USAP. 817160, 14 nov. 1903 (bobine de chauffage). — Diesler. DRP. 170561, 17 mars 1903 (dispositif pour la surchauffe des gaz et des vapeurs). — Fallek. USAP. 815915, 10 juillet 1905 (résistance pour chauffage électrique). — Frölich. DRP. 171309, 20 janvier 1905 (conducteurs pour chauffage ou éclairage électriques). — Grettum et Young. USAP. 824643, 31 août 1905 (bouilloire). — Haagn. USAP. 822270, 7 juillet 1905 (chauffage électrique des corps creux). — Harden. USAP. 819650, 27 mai 1905 (chauffage électrique). — Morse et Frazer. USAP. 816172, 18 avril 1905 (appareil de chauffage). — Newell. USAP. 814981, 5 janvier 1900 (chauffage électrique des voitures). — Peyre. BF. 362832, 30 janvier 1906 (dispositif de résistances pour rhéostats et appareils de chauffage électriques). — Pratt. USAP. 813113, 21 juin 1905 (chauffage électrique). — Sager. BF. 365584, 25 avril 1906 (appareil pour le chauffage électrique de l'eau). — Shipp. USAP. 817593 et 817594, 10 août 1903 et 16 septembre 1904 (bouilloire). — Société anonyme des Usines du Pied-Selle. BF. 361422, 29 avril 1905 (résistance pour le chauffage électrique). — Stevens. USAP. 812609, 19 juillet 1904 (appareil de chauffage pour liquides). — Strauss. USAP. 815985, 31 mai 1905 (procédé électrique pour faire des plaques de blindage). — Vaughn. USAP. 812965 et 822167, 14 oct. et 19 juin 1905 (radiateur à lampes à incandescence).

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

ÉCLAIRAGE.

LAMPES AU TUNGSTÈNE.

A peine la lampe au tantale, mise sur le marché en janvier 1905 par Siemens et Halske (1), est-elle entrée dans la pratique, qu'une nouvelle lampe à filament métallique, la lampe au tungstène, est sur le point d'être lancée dans le commerce.

Il résulte, en effet, des nombreuses informations publiées depuis le début de l'année dans la presse technique étrangère, que la fabrication est actuellement sortie de la période des essais pour quatre lampes de ce genre au moins : la lampe Wolfram, de MM. Alexander Just et Franz Hanaman; la lampe de M. Hans Kuzel; la lampe Osram, du Dr Auer von Welsbach; enfin la lampe de M. J.-A. Heany. Deux d'entre elles, la lampe Wolfram et la lampe Osram, seraient déjà entre les mains des consommateurs en Allemagne et en Autriche.

Nous avons rassemblé les divers renseignements que nous avons pu nous procurer sur ces diverses lampes. Mais, si les informations qui les concernent sont nombreuses, elles semblent plutôt destinées à éveiller la curiosité du public et à préparer la vente de la lampe qu'à fournir sur leur fabrication des renseignements techniques que les inventeurs ont évidemment tout intérêt à ne pas divulguer.

En outre, les essais de consommation, dont les résultats ont été publiés, ont été faits, pour la plupart, par les fabricants eux-mêmes. Les renseignements que nous donnons plus loin, sur la fabrication et la consommation des quatre lampes au tungstène citées plus haut, sont donc nécessairement incomplets et nous ne saurions en garantir l'entière exactitude.

Sous ces réserves, il semble toutefois résulter de leur ensemble qu'il est aujourd'hui possible de fabriquer économiquement des lampes à filament de tungstène, ou d'alliage de tungstène et d'un autre métal, fonctionnant sous 110 volts, donnant une intensité lumineuse horizontale de 40 hefners (2), ne consommant que 1 watt par hefner et durant de 1500 à 2000 heures au moins, sans qu'il y ait diminution importante de l'intensité lumineuse, ni augmentation sensible de la consommation. La fabrication de lampes à 220 volts aussi économiques paraît même possible d'après les résultats annoncés par M. Kuzel, d'une part, la société allemande Auer, d'autre part, tout au moins pour les fortes intensités lumineuses. On envisage d'ailleurs aussi la possibilité de construire des lampes à 110 volts à forte intensité, dont la consommation ne dépasserait pas 0,75 et même 0,50 watt : hefner.

Si, sans trop tenir compte des abaissements de consommation annoncés, nous admettons une consommation de 1 watt par bougie décimale pour les lampes à 110 volts, la lampe au tungstène peut déjà lutter sans désavantage avec les becs de gaz à incandescence. On estime en effet que les becs à gaz Auer de 4 à 5 carcels consomment de 20^l à 25^l de gaz par carcel-heure; en payant le gaz $0^{fr},20$ le mètre cube, la dépense par carcel-heure est donc de $0^{fr},004$ à $0^{fr},005$. Une lampe au tungstène de 40 bougies, consommant 40 watts, coûtera $0^{fr},024$ par heure, si l'on admet que l'énergie électrique est vendue $0^{fr},60$ le kilowatt-heure, prix auquel on peut espérer l'avoir bientôt à Paris; la carcel-heure coûterait alors $0^{fr},006$. La différence des prix de revient de la carcel-heure produite par le gaz ou l'électricité est par conséquent assez faible pour que, en raison des avantages que présente l'éclairage électrique sur l'éclairage au gaz, on puisse envisager la substitution des lampes au tungstène aux becs Auer. Quant aux frais d'entretien, ils semblent également être à peu près équivalents, la lampe au tungstène durant 2000 heures environ et son prix de vente actuel, qui ne peut manquer de s'abaisser, étant de 5^{fr} pour la lampe Osram de la société Auer.

Comme d'ailleurs la lumière donnée par la lampe au tungstène est, paraît-il, extrêmement blanche et se rapproche beaucoup plus de celle des becs de gaz à incandescence que celle des lampes électriques à filaments de charbon, on ne pourrait reprocher à cette substitution de modifier les conditions d'éclairage auxquelles on s'est habitué. L'intensité lumineuse relativement grande des nouvelles lampes ne

(1) Pour la lampe au tantale, voir *La Revue électrique*, t. III, 15 janvier 1905, p. 53 et 62; 15 mars, p. 157; 30 mai, p. 311; t. IV, 30 nov. 1905, p. 317; t. V, 15 janvier 1906, p. 28; 15 mars, p. 150.

(2) Rappelons que l'intensité de la lampe Hefner, adoptée en 1896 par le Congrès international des Électriciens, de Genève, comme représentant pratiquement la bougie décimale, est en réalité un peu plus petite que cette unité. D'après des mesures datant de plusieurs années, faites par M. Laporte au Laboratoire central d'Électricité, de Paris, 1 hefner vaut 0,885 bougie décimale. Des mesures récentes faites à la Reichanstalt, de Berlin, ont montré que 1 carcel vaut 10,8 hefners, ce qui donne 1 hefner = 0,926 bougie décimale, en admettant que 1 carcel vaut 10 bougies décimales.

saurait être non plus un inconvénient puisqu'elle égale à peine celle des foyers lumineux à incandescence par le gaz.

La lampe au tungstène pouvant lutter, sinon avantageusement, du moins à armes égales avec le bec Auer, il est évident qu'elle peut concurrencer victorieusement toutes les lampes à incandescence électrique de même intensité lumineuse actuellement en usage. Toutefois, il ne faut pas oublier que la lampe au tungstène à 110 volts et d'intensité lumineuse inférieure à 40 bougies, ne paraît pas avoir été encore réalisée et que dès lors, bien que sa consommation spécifique soit environ trois fois moindre que celle des lampes à filament de charbon, elle ne peut remplacer économiquement une lampe ordinaire de 10 bougies là où un éclairement trop intense est plutôt une gêne qu'un avantage. Pour la même raison, la lampe au tantale de 25 hefners consommant 1,5 watt: hefner peut encore lui faire concurrence si une intensité lumineuse supérieure à 25 bougies n'est pas à rechercher. Toutefois, dès maintenant, la lampe au tungstène paraît supérieure à la lampe au tantale, non seulement par l'infériorité de sa consommation spécifique, mais encore sous d'autres rapports. D'abord, les minerais de tungstène, quoique assez rares, sont beaucoup plus abondants que ceux de tantale; on sait d'ailleurs que le tungstène est utilisé industriellement en quantité importante sous forme de ferro-tungstène dans la fabrication des aciers et de tungstate de sodium dans la fabrication des tissus incombustibles. Par conséquent, et bien que la quantité de métal employé dans un filament de $0^{mm},03$ de diamètre (plus petit que celui d'un cheveu), tel que les filaments actuellement utilisés dans les lampes au tungstène, soit extrêmement faible, on ne pourra arguer de la rareté de la matière première pour maintenir des prix de vente élevés. D'autre part, il est dit que la lampe au tungstène fonctionne aussi bien sur les réseaux à courants alternatifs que sur ceux à courant continu, alors qu'on sait que la lampe au tantale donne de mauvais résultats avec le courant alternatif. Enfin le filament de la lampe au tungstène est beaucoup moins long que celui de la lampe au tantale; il est, par suite, moins sujet à rupture et son montage dans la lampe est beaucoup moins coûteux.

On peut se demander si la supériorité de la lampe au tungstène sur la lampe au tantale, au point de vue de la consommation d'énergie électrique pour une même intensité lumineuse, provient d'une plus haute température du filament ou d'une propriété émissive sélective du tungstène. Il serait difficile de répondre aujourd'hui à cette question, car si certains inventeurs prétendent avoir obtenu du tungstène pur, on n'en connaît pas encore les propriétés, et par conséquent le point de fusion : on sait seulement, d'après les recherches de MM. Just et Hanaman, que sous la pression ordinaire le tungstène semble passer directement de l'état solide à l'état gazeux, comme le carbone, mais à une température bien plus élevée. Le fait que la lumière donnée par le filament de tungstène est très blanche peut porter à penser que sa température est plus haute que celle du filament de tantale. Mais, d'un autre côté, il semble résulter des déclarations un peu vagues de M. Kuzel que ses meilleurs filaments sont non pas en tungstène, mais en alliage au tungstène et, de plus, le filament de la lampe Osram, de la société Auer, est, comme nous l'avons dit, constitué par un alliage d'osmium et de tungstène. Il se pourrait donc que le tungstène, ou tout au moins quelques-uns de ses alliages présentent une loi d'émission spéciale expliquant leurs qualités comme sources de lumière.

Telles sont les quelques considérations générales qu'il est possible de tirer des renseignements publiés jusqu'ici. Elles sont certes des plus intéressantes pour le développement de l'éclairage électrique. Mais, déjà au moment de l'apparition de la lampe Nernst et de lampe au tantale, on ne manquait pas de prédire une révolution dans l'éclairage électrique. Restons donc un peu sceptique jusqu'au jour où les nouvelles lampes auront fait leurs preuves, et laissons nos lecteurs se faire une opinion d'après les documents qui suivent.

LAMPES JUST ET HANAMAN [1]. — D'après le brevet allemand n° 154266 du 14 avril 1903, un autre en date du 3 février 1905, et le brevet anglais n° 11949 de 1905, la fabrication de cette lampe comprend trois phases : recouvrir un filament de charbon d'une couche de tungstène, effectuer la combinaison du carbone et du tungstène de manière à obtenir un carbure de tungstène, enfin faire disparaître le carbone soit par volatilisation, soit par oxydation.

Pour effectuer le revêtement de tungstène, le fil de carbone extrêmement fin ($0^{mm},02$ à $0^{mm},06$ de diamètre) est chauffé au moyen d'un courant électrique dans une atmosphère de vapeur d'oxychlorure ou de chlorure de tungstène [2], de préférence d'hexachlorure WCl^6, en présence d'hydrogène ou de tout autre gaz réducteur; on reconnaît que l'épaisseur de la couche est suffisante d'après la valeur de l'intensité du courant traversant le filament,

[1] Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 12 avril 1906, p. 367; *Electrician*, t. LVI, 13 avril 1906, p. 1047, et t. LVII, 27 avril, p. 42; *Electrical World*, t. XLVIII, 1er septembre 1906, p. 394 et 447.

[2] Les brevets prévoient également le revêtement du filament d'une couche de molybdène, en employant alors le pentachlorure de molybdène.



laquelle est de 1 ampère pour un filament d'environ $0^{mm},04$. Pour effectuer la combinaison du carbone et du tungstène il suffit de chauffer à une température plus élevée, toujours au moyen d'un courant électrique, dans une atmosphère extrêmement raréfiée d'un gaz inerte tel que l'hydrogène; cette phase de la fabrication ne demande que quelques minutes. Le filament présente alors un reflet métallique blanc très brillant.

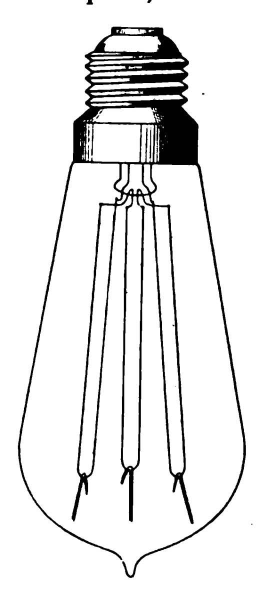
On fait disparaître le carbone par évaporation en portant le filament à une très haute température, pendant environ 24 heures, dans le vide, à l'aide d'un courant électrique. Pour le faire disparaître par oxydation, on chauffe le filament, encore au moyen d'un courant électrique, dans une atmosphère oxydante, telle qu'une atmosphère de vapeur d'eau. Un autre procédé consiste à chauffer les filaments de carbure de tungstène dans un creuset placé dans un fourneau à vent (température d'environ 1600°), soigneusement luté et contenant de l'oxyde de tungstène WO^2 finement divisé; le carbure réduit cet oxyde avec formation de tungstène métallique qui reste dans la masse d'oxyde et d'oxyde de carbone qui s'échappe; la chauffe doit être maintenue pendant 12 heures environ.

Des essais faits il y a quelques mois sur une lampe de 12 bougies, fonctionnant sous 30 volts, ont, d'après la *Zeit. f. Beleuchtung* du 10 juin, donné les résultats suivants :

Temps en heures.	Intensité lumineuse en hefners.	Intensité du courant en ampères.	Puissance absorbée en watts par hefner.	Variation de l'intensité lumineuse en centièmes.
0	13,5	0,470	1,05	0
467	12,1	0,465	1,11	—10,4
1460	12,0	0,470	1,09	— 4,4
2188	13,5	0,470	1,05	0
3103	14,0	0,480	1,03	+ 3,7

Depuis il a été mis sur le marché, en Autriche et en Allemagne, des lampes fonctionnant sous 110 volts et donnant 40 hefners avec une consommation de puissance de 40 watts. Ces lampes contiennent trois filaments reliés en série et maintenus par des attaches en alumine; leurs dimensions sont à peu près celles des lampes à filament de carbone de 25 bougies; d'après la figure ci-jointe, qui représente une de ces lampes en demi-grandeur, le diamètre maximum de l'ampoule est de 6^{cm}, sa longueur comptée à partir de la garniture métallique du culot est de 11^{cm}, la longueur totale du filament est d'environ 45^{cm}; leur durée moyenne est de 1500 heures.

La fabrication de ces lampes en Autriche est entre les mains des Vereinigte Elektricitäts Werke. En mars dernier cette Société a, d'après l'*Electrical Review* de Londres des 30 mars et 6 avril, vendu la licence d'exploitation des brevets allemands à un groupe de financiers d'Augsbourg pour 1000000^{fr}, payables moitié en espèces, moitié en actions d'une



société formée pour cette exploitation au capital de 1062500^{fr}.

LAMPE KUZEL [1]. — Dans le procédé Kuzel, tel qu'il est décrit dans le brevet anglais n° 28154 de 1904, on emploie le tungstène à l'état colloïdal obtenu suivant le procédé indiqué par Bredig [2]. Le métal finement divisé est pressé dans une filière et est converti en filaments que l'on sèche dans une étuve à une température de 60° à 80° C. pendant 5 à 10 minutes, jusqu'à ce qu'ils deviennent conducteurs de l'électricité. Les filaments refroidis sont montés dans des ampoules où l'on fait le vide ou qui ne contiennent qu'un gaz inerte tel que l'hydrogène. On chauffe les ampoules à 60° de manière à rendre aux filaments la conductibilité qu'ils ont perdue par le refroidissement et l'on fait passer à travers ceux-ci un courant électrique qui les porte à température élevée. La tungstène prend un aspect cristallin et les filaments sont prêts pour l'usage.

---

(1) Voir *Electrician*, t. LVI, 9 février 1906, p. 655 et 679; 9 mars, p. 829; 30 mars, p. 954; *Elekt. Zeits.*, t. XXVII, 10 mai 1906, p. 465.

(2) Ce procédé consiste à faire jaillir un arc dans l'eau entre deux électrodes du métal que l'on désire obtenir à l'état colloïdal : le métal arraché des électrodes forme avec l'eau une solution colloïdale. Il semble donc que, pour obtenir sa solution colloïdale de tungstène, Kuzel ait besoin d'avoir déjà à sa disposition du tungstène métallique pour constituer les électrodes. Le brevet ne dit pas s'il en est réellement ainsi, ni quelle est la constitution des électrodes.

Ajoutons que l'on trouvera des renseignements sur les propriétés de solutions colloïdales de divers métaux préparées par le procédé Bredig dans une étude récente de M. Burton publiée par le *Philosophical Magazine*, 6e série, t. XI, avril 1906, p. 425-447.

Le brevet spécifie que ce procédé de fabrication est applicable à des filaments métalliques de toute nature (platine, chrome, manganèse, molybdène, etc.); il indique en outre que l'on peut utiliser un mélange de deux ou plusieurs métaux à l'état colloïdal et il semble résulter d'informations, d'ailleurs très vagues, publiées sur la fabrication des lampes Kuzel, que l'on emploie pratiquement un de ces mélanges.

Des essais ont été faits en août 1905 au K. K. Technologischen Gewerbe-Museum, de Vienne, sur des lampes de 19 volts à 32 volts donnant de 12 hefners à 40 hefners. Les résultats de ces essais, dont on trouvera le détail dans *Electrician* du 9 février, montrent que la puissance consommée est environ de 1 watt par hefner, que la durée dépasse 3000 heures et que la tension aux bornes peut être doublée (ce qui augmente la puissance lumineuse dans la proportion de 100 à 982) sans que le filament en souffre.

Des essais plus récents, faits par la fabrique J. Kremenesky, de Vienne, ont été signalés par M. Kuzel dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 10 mai; en voici les résultats :

	Intensité lumineuse.	Intensité du courant.	Consommation.
	hef	amp	w : hef
Lampe I, 30 volts...	13,5	0,47	1,05
Après 2182 heures...	13,5	0,47	1,05
Après 3103 heures...	14,0	0,48	1,03
	La lampe fonctionne toujours		
Lampe II, 19 volts..	24,2	1,06	0,86
Après 1110 heures...	23,5	1,06	0,86
Après 1686 heures...	19,0	1,02	1,02
	La lampe fonctionne toujours		
Lampe III, 28,5 volts.	40,0	1,06	0,76
Après 850 heures....	38	1,07	0,81
	Le filament s'est rompu, puis ressoudé; la lampe fonctionne toujours.		

Suivant *Electrician* du 30 mars, au régime de 1 watt par hefner, la durée moyenne serait de 3000 heures avec une diminution d'intensité lumineuse de 2 à 11 pour 100 et de 5000 heures si l'on consent à une diminution de 20 pour 100; au régime de 0,75 watt par hefner, la durée est encore de 1000 à 1100 heures avec diminution d'intensité de 3,5 pour 100 et de 1600 heures avec diminution de 20 pour 100; mais il n'est rien dit de la tension aux bornes employée dans ces essais.

D'après la même source d'information il est possible de construire des lampes Kuzel de 110 et même de 220 volts, et l'inventeur compte arriver à réduire la consommation à 0,5 watt par hefner.

LAMPES AUER VON WELSBACH [1]. — La Société autrichienne qui fabrique les lampes à filaments d'osmium du docteur Auer von Welsbach a mis récemment en vente deux sortes de lampes sous les noms de *lampe Osmin* et *lampe Osram*. D'après un Article du docteur Boehm, publié dans le *Chemiker Zeitung* du 28 juillet, les filaments de ces lampes seraient constitués principalement par du tungstène; le nom de *osram*, formé de la première syllabe de osmium et de la dernière de wolfram, indique que le filament de la lampe Osram tout au moins est constitué par un alliage d'osmium et de tungstène.

Le seul renseignement que nous ayons pu avoir sur le procédé de fabrication de ces lampes est que l'on traite le trichlorure de tungstène par l'ammoniaque et que l'on forme avec l'oxyde ainsi obtenu une pâte que l'on transforme en filaments à la filière.

Dans une Communication faite à l'Elektrotechnische Verein de Vienne, on a donné sur la lampe Osmin les renseignements qui suivent : six lampes de 54 volts en essais au Muséum avaient déjà fonctionné 1776 heures au moment de la Communication, avec une consommation initiale de 1,03 watt par hefner qui s'est élevée peu à peu à 1,10 w : hef. En poussant la tension il est possible de ne consommer que 0,5 watt par hefner, mais la puissance lumineuse de lampes à si faible consommation fonctionnant sous 105 volts ne saurait être inférieure à 120 hefners environ. Les surtensions sont facilement supportées par ces lampes, comme l'indique une expérience faite en séance par le conférencier et consistant à placer une lampe de 46 volts sur le réseau à 105 volts.

A la réunion de la Verband deutscher Elektrotechniker qui a eu lieu à Stuttgart en mai dernier, la Compagnie Auer de Berlin a fait connaître les résultats d'essais faits à la Reichanstalt sur des lampes Osram. Voici, d'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 août, les résultats :

Durée de fonctionnement.	Tension.	Intensité du courant.	Intensité lumineuse.	Consommation spécifique.
		I. *Lampes de 25 hefners :*		
h m	volts	amp	hef	w : hef
0.4	117	0,272	28,5	1,11
100	»	0,272	29,6	1,07
200	»	0,271	29,8	1,06
400	»	0,270	28,7	1,11
500	»	0,270	28,1	1,12
700	»	0,270	27,7	1,14
1000	»	0,269	26,6	1,18
		II. *Lampes de 32 hefners :*		
0.4	112,75	0,314	31,9	1,10
100	»	0,315	33,7	1,06
200	»	0,316	33,9	1,04
400	»	0,314	33,0	1,07
500	»	0,314	32,7	1,08
700	»	0,311	31,3	1,12
1000	»	0,309	30,6	1,14

[1] Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 12 avril 1906, p. 367; 9 août, p. 749.

Le nombre des lampes soumis aux essais était de 8 pour chaque espèce; au bout des 1000 heures d'observation, 11 d'entre elles fonctionnaient encore. L'intensité moyenne du courant dans ces lampes était alors plus faible que la moyenne initiale: de 1,1 pour 100 pour les lampes de 25 hefners et de 1,5 pour 100 pour celles de 32 hefners; la diminution de l'intensité lumineuse était de 6,6 pour 100 pour les premières et de 4 pour 100 pour les secondes; la consommation spécifique avait augmenté de 6,3 et de 3,6 pour 100. Les meilleures lampes de 25 hefners au bout des 1000 heures consommaient 0,270 ampère en donnant 27,3 hefners, soit une consommation spécifique de 1,10 watt par hefner; pour les plus mauvaises, l'intensité du courant était de 0,267 ampère, l'intensité lumineuse de 25,7 hefners et la consommation spécifique de 1,22. Pour les meilleures lampes de 32 hefners, les valeurs de ces quantités étaient respectivement : 0,310 ampère (sous 114 volts), 32 hefners, 1,10 watt : hefner; pour les plus mauvaises : 0,304 ampère (sous 111,5 volts), 29 hefners et 1,17 watt : hefner.

La Compagnie Auer annonçait, en même temps, qu'à partir du mois d'octobre elle mettrait sur le marché ses lampes à 110 volts au prix de 4 marks, soit environ 5fr. Elle faisait également savoir qu'elle était parvenue à fabriquer des lampes à 220 volts d'une intensité lumineuse comprise entre 40 et 200 hefners, consommant 1,25 watt par hefner pour les intensités inférieures à 75 bougies et 1 watt pour les intensités supérieures.

LAMPES HEANY (1). — Nous n'avons sur cette lampe d'autre renseignement que ceux fournis par une lettre de la Teter-Heany Developing Co informant l'*Electrical World* que M. J.-A. Heany, qui depuis plusieurs années travaille à la fabrication de filaments en tungstène pur, est parvenu à rendre pratique cette fabrication. Les premières lampes obtenues suivant ce procédé consommaient un peu moins de 1 watt par bougie et duraient environ 1200 heures; les plus récentes ne consomment que 0,2 à 0,3 watt par bougie et durent plus longtemps. Quelques-unes de ces lampes sont en essais au Bureau of Standards. J. B.

(1) *Electrical World*, t. LVIII, 20 septembre 1906, p. 495.

DIVERS.

Charbon pour lumière actinique. L.-C. MARQUART (Brevet français 363832, 5 mars 1906). — Des recherches scientifiques ont démontré que la puissance photochimique de l'arc dépend en grande partie de la présence de composés métalliques et que la valeur de l'actinité indépendante de l'intensité lumineuse est une fonction du poids spécifique.

On obtient une très forte actinité en combinant deux sels métalliques qu'on ajoute en si petite quantité que les charbons brûlent régulièrement sans former de scories. Cette combinaison consiste en un mélange à poids égaux de nitrates d'ytrium et de plomb qu'on ajoute à la matière charbonneuse à raison de 0,5 pour 100.

La lumière obtenue est très riche en rayons violets, l'action par rapport au bromure d'argent est quintuplée pour une même consommation de courant.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : *Lampes à filaments :* KUZEL. BF. 364613, 27 mars 1906 (procédé pour augmenter la résistance de certains métaux propres à constituer des corps lumineux). — MILLAURO. BP. 18673, 1905 (lampe portative). — O'BRIEN. DRP. 172262, 25 mai 1903. — PARKER. USAP. 821056, 21 avril 1904; BP. 3890, 1906. — SCHUBEL. USAP. 819935, 25 sept. 1905. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 172115, 1er juin 1905; BF. 364925, 5 avril 1906 (procédé pour la fabrication de corps incandescents). — STAKELBECK. USAP. 817346, 9 août 1905 (lampe électrique portative). — THOMPSON. BP. 18814, 1905 (lampe au tungstène). — WOOD. USAP. 819624, 31 octobre 1904. — *Accessoires :* BANKS. USAP. 816636, 6 octobre 1904 (support de longueur variable pour lampe à incandescence). — CULLOUGH (Mac). USAP. 817146, 23 juin 1903 (commutateur pour lampes électriques). — DALE. USAP. 818750, 4 fév. 1905 (lustre pour lampes électriques). — DEWAR. USAP. 815942, 25 avril 1905 (procédé pour faire le vide dans les lampes). — FIELDING. USAP. 819418, 27 nov. 1904 (douille). — GLASER. USAP. 820489, 8 juin 1905 (résistance de ballast pour lampes Nernst). — HANKS. USAP. 822365, 23 mars 1901 (mode de fixation des filaments de lampes à incandescence). HUBBEL. USAP. 817484, 28 juin 1905 (douille à vis); 817485, 14 juillet 1905 (câble pour douille); 817642, 1er sept. 1905 (lustre pour lampes à incandescence). — JONES. USAP. 818253, 3 déc. 1900 (douille); 819437, 5 déc. 1904 (rondelle de caoutchouc pour former joint entre la douille et le culot). — LOWENHERZ. BF. 364984, 6 avril 1906 (commutateur pour lampes portatives). — MURPHY. USAP. 819702, 11 juin 1904 (socle pour lampe à incandescence). — RUSSELL. USAP. 818791, 12 juillet 1905 (applique pour lampes). — SEYMOUR. USAP. 817449, 15 mars 1905 (douille). — SMART. USAP. 817597, 19 sept. 1905 (commutateur pour lampes électriques). — TOURNIER. USAP. 821444, 28 sept. 1904 (rosette). — *Lampes à vapeur :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 172116, 15 oct. 1905 (allumage des lampes à vapeur de mercure). — BASTIAN. DRP. 172318, 7 janv. 1904 (lampe à vapeur de mercure). — BURROWS. USAP. 820348, 10 mars 1905 (lampe à vapeur de mercure). — DEMPSTER. USAP. 821470, 19 déc. 1903 (lampes à vapeur de mercure). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 14715, 1905. — HARRISON. BP. 14660, 1905. — HEWITT. BP. 6559, 1906; BF. 363555, 22 fév. 1906 (perfectionnements dans les appareils électriques à vapeur de mercure). — PHŒNIX ELEKTROTECHNISCHE GESELLSCHAFT. BP. 2603, 1906. — SCHAGEN. DRP. 172334, 4 juillet 1905 (lampe à vapeur de mercure employée comme dispositif de sûreté ou de chauffage). — THOMAS. BP. 707 et 6557, 1906; BF. 364472, 21 mars 1906 (perfectionnements dans les appareils à vapeur de mercure). — *Accessoires :* MOORE. USAP. 820364 et 820365, 21 août 1905 et 7 février 1906 (régulateur pour lampes à vide).



ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROSIDÉRURGIE.

Recherches récentes. — C'est surtout depuis 1900 que s'est développée l'application du four électrique à la préparation du fer et de ses dérivés. Actuellement, les installations électrosidérurgiques sont déjà assez nombreuses. Citons notamment, parmi les usines françaises, celles de : Kerrousse (Morbihan) et Livet (Isère), exploitées par la Compagnie électrothermique Keller, Leleux et Cie; les usines de Froges et du Champ (Isère), de La Praz et Saint-Michel-de-Maurienne (Savoie), de Gardanne (Bouches-du-Rhône), exploitées par la Société électrométallurgique francaise (procédés Héroult); les usines de Courtepin (Suisse) et Ugine (Savoie), exploitées par la Société anonyme électrométallurgique (procédés P. Girod). Mentionnons encore l'usine de la Société La Néométallurgie, installée à Rochefort-sur-Mayenne; les usines de la Société électrochimique du Giffre, Saint-Jeoire (Haute-Savoie), etc. Des renseignements très intéressants ont d'ailleurs déjà paru dans cette Revue [1] sur ces différentes installations.

Fabrication des ferro-alliages. — Une des premières applications du four électrique à la sidérurgie a été la fabrication des ferro-alliages. Dans cette application le four électrique a rapidement concurrencé, puis supplanté presque complètement le haut fourneau ou le cubilot. Les principaux alliages que l'on obtient ainsi sont : le ferrochrome, le ferrosilicium ou le silico-spiegel, le ferrotungstène, le ferromolybdène, le ferrovanadium, le ferrotitane, etc. Certains de ces alliages nécessitent pour leur préparation une température très élevée et qu'il était très difficile d'atteindre au cubilot. En outre, le four électrique permet d'obtenir des alliages très riches et de bien plus grande pureté, notamment en ce qui concerne la présence du carbone. Ce sont là des qualités très appréciées en sidérurgie.

Dans les brevets récents sur les ferro-alliages, nous trouvons une préparation du ferrophosphore par G. Gin [2].

On traite au four électrique un mélange de phosphate de chaux, de fer ou oxyde de fer, charbon et silice, ou un mélange de phosphate de chaux, fer ou oxyde de fer, pyrite de fer et charbon. Il se produit les réactions

$$P^2O^8Ca^3 + 4Fe + 3SiO^2 + 5C = 2PFe^2 + 3SiO^3Ca + 5CO$$

ou

$$P^2O^8Ca^3 + 3FeS^2 + Fe + 2C = 2PFe^2 + 3CaS + 3SO^2 + 2CO.$$

La densité de courant la plus convenable correspond à une dépense de 45 à 50 watts par centimètre carré de section droite de l'électrode mobile et à une tension de 20 à 25 volts par foyer.

Dans le but d'obtenir des ferro-alliages aussi pauvres que possible en carbone, la Société Elektricitäts-A. G. (antérieurement Schuckert et Cie) [1] purifie les alliages obtenus à la façon ordinaire de la façon suivante. On les introduit dans un cylindre en charbon en disposant de chaque côté une couche de l'oxyde correspondant. A l'aide d'un courant électrique, on fait chauffer toute la partie du tube renfermant le métal à raffiner et une portion de l'oxyde. Le métal ou le métalloïde, fortement chauffé, passant à travers la couche d'oxyde fondu également porté à haute température, cède son carbone à cet oxyde et va se rassembler à l'état pur (0,2 pour 100 et même moins de carbone) dans la couche d'oxyde restée à l'état solide, où l'on peut le recueillir soit en régules, soit sous la forme définitive que l'on désire, si l'on a ménagé dans la partie solide de l'oxyde un vide ayant la forme à donner au métal.

La Société anonyme La Néométallurgie [2] fabrique un alliage de manganèse et de silicium.

Cet alliage, dénommé *mangano-silicium*, est obtenu en réduisant au four électrique, par le charbon, des oxydes de manganèse et de silicium en proportion correspondante à l'alliage que l'on veut obtenir. Cet alliage ne renferme que très peu d'impuretés et sa teneur en carbone est très faible (0,15 à 0,60 pour 100). C'est un corps qui doit remplacer avantageusement, comme réducteur de l'oxyde de fer, le ferromanganèse ordinairement employé dans la fabrication de l'acier. Par l'oxydation, il se transforme en effet en silicate de manganèse, qui vient surnager, et laisse ainsi l'acier très peu carburé et très peu manganisé, c'est-à-dire l'acier doux propre à la fabrication des moulages sans soufflures. Une

(1) *Voir* notamment *La Revue électrique*, t. IV, 30 octobre 1905, p. 236.

(2) Brevet français 320258, du 7 avril 1902.

(1) Brevet français 324621, du 19 septembre 1902.

(2) Brevet français 331276, du 17 avril 1903.

addition convenable de carbone permet d'obtenir les aciers demi-durs, durs, extra-durs, au carbone, de qualités qui ne peuvent être atteintes en présence du manganèse.

C.-A. Keller (1) prépare un alliage triple de fer, silicium et manganèse. On traite au four électrique, sous une tension de 30 volts, un mélange de ferro-silicium, de silice, de minerai de manganèse et de charbon. D'après les brevets, les alliages de fer, silicium et manganèse ainsi obtenus remplacent avantageusement, par suite de leur composition multiple et de leur faible teneur en carbone, le silico-spiegel, le ferromanganèse et le ferrosilicium que l'on ajoute dans les bains d'acier.

Transformation de la fonte ou du fer en acier. — La fabrication de l'acier au four électrique a pris déjà une certaine importance. On fabrique ainsi actuellement des aciers spéciaux d'excellente qualité dans des conditions plus économiques que dans la fabrication ancienne des aciers au creuset.

On connaît les procédés Héroult, dont il a déjà été question dans cette Revue (2).

La Société électrométallurgique française, qui exploite les procédés Héroult, a déjà breveté antérieurement des appareils permettant d'obtenir au four électrique l'acier en partant de la fonte et de réaliser ainsi électriquement toutes les opérations suivantes : affinage, épuration, réduction, carburation, addition de métaux ou alliages.

Cette Société a reconnu (3) depuis qu'il est plus avantageux de scinder ces opérations. Les premières se font au convertisseur Bessemer, dans lequel on pousse l'affinage jusqu'à une teneur de 0,2 à 0,5 pour 100 de carbone. On enlève la scorie en inclinant le convertisseur, puis on fait couler le métal de la partie inférieure du convertisseur dans le creuset électrique. L'arc électrique maintient en fusion la masse chargée d'oxyde de fer. C'est alors que l'on introduit le carbone et les alliages divers (ferromanganèse, ferronickel, ferrochrome, tungstène, molybdène, vanadium, etc.), selon l'acier que l'on veut obtenir.

En opérant ainsi, on est mieux maître des réactions à produire, et l'on réalise une économie de temps et de main-d'œuvre. Alors que la transformation complète de la fonte en acier dure de 5 à 6 heures au four électrique, on abrège ici cette durée de moitié en commençant avec le Bessemer.

Lorsqu'il s'agit du traitement des fontes phosphoreuses, alors que dans l'appareil oxydant (Bessemer basique par exemple) on ne pousse la déphosphoration que jusqu'à 0,03 à 0,05 pour 100 de phosphore, on pousse ici (1) jusqu'à 0,005 à 0,015 pour 100 de phosphore, la désoxydation de la masse se faisant ensuite facilement au four électrique. On obtient ainsi un fer extrêmement pur et très apte à la construction électrique, par suite de ses propriétés spéciales d'hystérésis et de perméabilité.

Ces procédés peuvent être appliqués également en partant de déchets de fer ou d'acier (2), au lieu de partir de la fonte.

C.-A. Keller (3) a breveté un appareil qui permet de transformer une fonderie ordinaire en aciérie. Cet appareil comprend une poche de coulée montée sur truck amovible pour pouvoir être conduite près des fours, recevoir les coulées de ces fours et être, en outre, transportée sous un groupe d'électrodes verticales que l'on descend, à l'aide de palans, dans la matière en fusion. Le courant électrique maintient ainsi la température voulue pour la coulée ultérieure dans le moule. Dans la figure 1, *a* est la

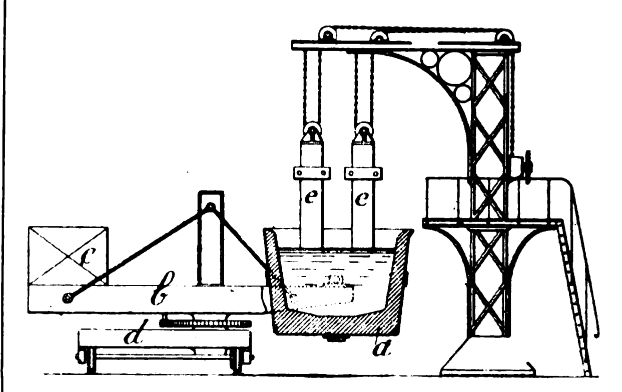


Fig. 1. — Four Keller pour la transformation de la fonte en acier.

poche de coulée, *b* une flèche avec contrepoids *c*, *d* le truck mobile sur rails, *ee* les électrodes. On prend plusieurs groupes d'électrodes pour permettre le remplacement de celles-ci pendant la marche. Le procédé permet de couler de fortes pièces, puisqu'on peut accumuler dans la poche la matière de plusieurs fours. C'est dans cette poche que l'on fait les additions nécessaires pour obtenir la qualité d'acier que l'on désire.

La poche peut être fixe et constituer l'avant-bassin d'un cubilot. La fonte coulant du cubilot dans cet avant-bassin y est portée à la température voulue par le courant électrique et y est transfor-

(1) Brevet français 334504, du 8 août 1903.

(2) *La Revue électrique*, t. III, 15 juin 1905, p. 344, et t. IV, 30 octobre 1905, p. 239.

(3) Brevet français 328350, du 7 janvier 1903.

(1) Première addition 2040, du 10 juillet 1903, au brevet 328350, du 7 janvier 1903.

(2) Deuxième addition 3815, du 27 août 1904, au brevet 328350.

(3) Brevet français 322700, du 2 juillet 1902.

mée directement en acier par les moyens ordinaires (addition d'oxyde, etc.).

Cependant, le procédé de fusion consistant à plonger les électrodes dans la masse en traitement, laitiers ou minerais, présente des inconvénients graves : phénomènes de réduction et de carburation dus au contact du charbon, et usure correspondante des électrodes. Dans un autre four C.-A. Keller ([1]) le courant entre et sort par deux électrodes ou deux séries d'électrodes, réglables séparément de telle façon qu'un arc jaillisse entre chaque électrode et la masse en fusion. Le courant électrique passe d'une électrode à l'autre électrode ou série d'électrodes au travers de la masse en fusion, laitier et métal, en proportion dépendant des résistivités.

Jacolliot ([2]) emploie l'arc électrique comme réactif dans la fabrication de l'acier.

A cet effet, le fer doux ou l'acier insuffisamment carburé, placé dans un creuset, est mis en communication avec l'un des pôles d'une source d'électricité; l'autre pôle est relié à une électrode en charbon. On fait jaillir un arc entre l'électrode et le métal; sous l'influence de la haute température, le fer fond et se combine en même temps avec le carbone entraîné de l'électrode par l'arc. La masse se transforme rapidement en acier que l'on peut couler. Au lieu d'une électrode en charbon, on peut prendre une électrode en fer; mais alors il faut ajouter au fer à traiter du charbon ou encore constituer le creuset en charbon de cornue ou en plombagine. Cette opération remplace la cémentation ordinaire, longue et coûteuse.

L'opération inverse, la décarburation d'un fer trop carburé, peut se faire de la même façon, mais en remplaçant le charbon par un corps oxydant (hématite rouge ou simplement de la chaux) susceptible de se combiner au carbone contenu dans la fonte.

La Société Siemens et Halske A. G. ([3]) cherche à éviter le contact entre le métal fondu et l'électrode de charbon.

Pour empêcher, pendant la fabrication du métal au four électrique, la carburation de ce métal au contact du charbon des électrodes, avant de procéder à la réduction ou à la fusion, on commence par recouvrir l'électrode de charbon inférieure d'une scorie qui reste solide et conductrice à la température à laquelle on opère. On prend, par exemple, une scorie de magnésie additionnée de spath fluor.

A. Fauchon-Villeplée ([4]) fabrique l'acier dans un four électrique à courants induits.

([1]) Brevet français 329013, du 2 février 1903.
([2]) Brevet français 318389, du 4 février 1902.
([3]) Brevet français 333218, du 20 juin 1903.
([4]) Brevet français 336313, du 30 octobre 1903, et addition 2457, du 2 décembre 1903.

Ce four offre cette particularité que la matière à traiter, au lieu d'être placée comme ordinairement dans une rigole annulaire entourant le noyau du transformateur, est placée dans une cavité réfractaire soumise aux variations du flux du transformateur, sans qu'elle soit traversée par le noyau de celui-ci.

La figure 2 représente une coupe verticale et la figure 3 un plan d'un tel four électrique appliqué à

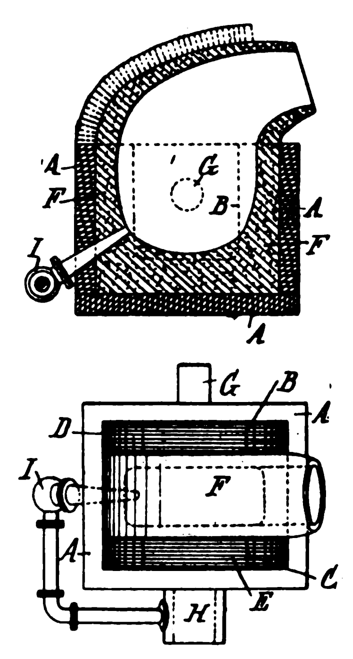


Fig. 2 et 3. — Four Fauchon-Villeplée pour la transformation de la fonte en acier (1er type).

un convertisseur Bessemer. Ce four comporte une armature lamellée A de transformateur, deux pôles d'armature B et C, deux bobines D et E dans lesquelles est envoyé le courant alternatif, une masse réfractaire F. G et H sont des axes de rotation. Le dernier est creux et sert à l'admission de l'air injecté dans la masse en traitement à l'aide des tuyères I.

Le flux, variable entre B et C, traverse le creuset et la masse conductrice en traitement, et il se produit des courants induits dans cette dernière, qui est ainsi portée à la température désirée.

A priori, le rendement électrique de ce four ne doit pas égaler celui des fours annulaires, à cause de l'entrefer considérable entre B et C. Mais il faut remarquer qu'on peut donner aux pôles une très grande surface et réduire l'épaisseur de la matière réfractaire, puisqu'elle est soutenue par l'armature.

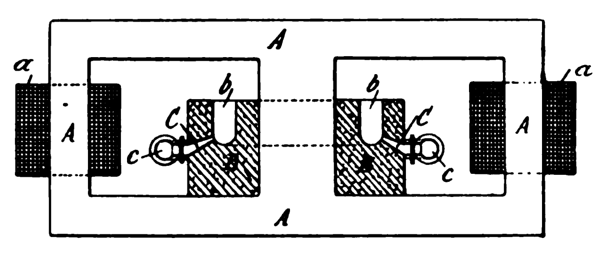
D'après l'inventeur, ce four a sur les fours annulaires l'avantage d'une plus grande simplicité, d'une

plus grande robustesse. Il est plus facile à manœuvrer, moins coûteux d'entretien à cause de la diminution de surface de contact entre la masse et les parois. Enfin, ses pertes calorifiques sont plus faibles, et il peut être mis en marche même avec le métal introduit en morceaux.

Sous d'autres formes, ce four peut être appliqué au traitement d'autres métaux que le fer. Sous la forme d'un four à réverbère, il peut servir à recuire les pièces, à la fabrication de la fonte malléable, à la cémentation.

Un autre modèle de four à courants induits et à insufflation d'air a été breveté par le même auteur (¹).

Ce four à courants induits est nettement représenté en figures 4 et 5. A est le circuit magnétique



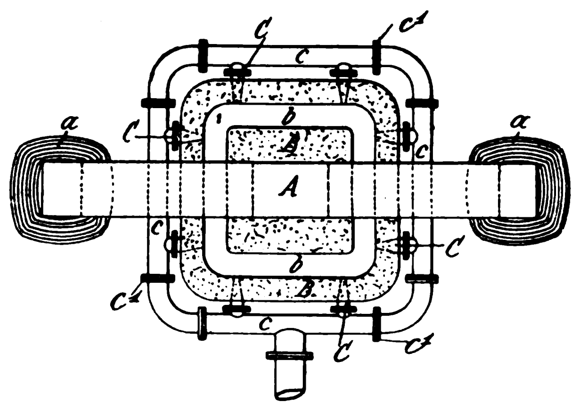


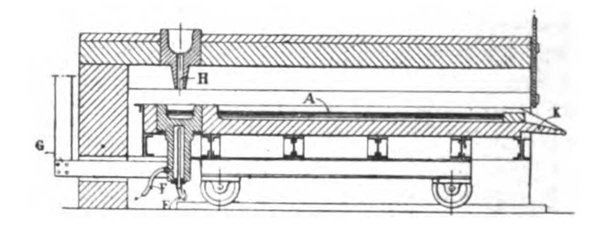
Fig. 4 et 5. — Four Fauchon-Villeplée pour la transformation de la fonte en acier (2ᵉ type).

du transformateur, dont l'enroulement primaire est *a*. Dans la masse réfractaire B du creuset est une rigole *b*. CC sont les tuyères alimentées par la conduite *c*.

La fonte en fusion étant introduite dans la rigole, on envoie le courant primaire dans *a*. L'air insufflé transforme la fonte en acier, pendant que la température s'élève, grâce aux courants induits, et maintient la masse en fusion. On sait que dans le Bessemer ordinaire cette température n'est atteinte que grâce à la combustion non seulement du carbone, mais encore du fer et des substances additionnées, telles que le spiegel. On évite cet inconvénient ici et, en réduisant au minimum l'insufflation d'air, on diminue dans une grande proportion le déchet provenant de la combustion de l'acier.

Le four G.-H. Gin à résistance a déjà été décrit ici (¹).

On sait que, pour éviter les inconvénients résultant du contact d'électrodes en charbon avec la masse ainsi que ceux (mauvais rendement électrique) des fours à induction, G.-H. Gin fait usage d'un creuset-canal dans lequel la masse métallique est échauffée simplement par effet Joule. Les figures 6 et 7 représentent une forme d'appareil employé (²). L'appareil d'élaboration est un chariot



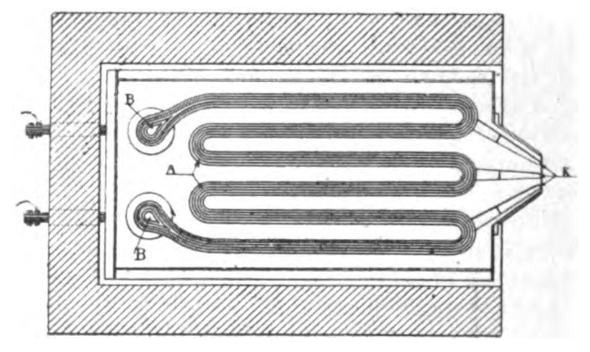


Fig. 6 et 7. — Four Gin pour la transformation de la fonte en acier.

mobile sur rails. Sur la sole réfractaire est ménagé un creuset-canal A à section semi-circulaire et à parcours sinueux. Les extrémités sont reliées à des blocs d'acier BB en communication avec les prises de courant G et refroidis par la circulation d'eau EF. Au moment du fonctionnement, on fait pénétrer le chariot dans un four voûté de façon à réduire les pertes de chaleur par rayonnement.

La fonte liquide est introduite par les entonnoirs H. On peut opérer la transformation de la fonte en acier par dilution (en ajoutant des riblons) ou par oxydation (en ajoutant du minerai), puis par addi-

(¹) Brevets français 358985 et 358987, du 14 août 1903.

(¹) *La Revue électrique*, t. IV, 15 septembre 1905, p. 147, et 30 octobre 1905, p. 242.

(²) Brevet français 342101 du 30 mars 1904.

tion finale de spiegel ou de ferromanganèse. L'enlèvement des scories se fait à l'aide d'une raclette en fer. La coulée du métal est effectuée par les orifices K

Le four tel qu'il vient d'être décrit dans le brevet principal présente certains inconvénients : le canal ne se prête pas à l'introduction en masse des matières; les parois s'attaquant, la section augmente, ce qui modifie le régime de marche; enfin l'emploi de très hautes intensités donne lieu à des effets d'induction considérables qui limitent la puissance des fours et nécessitent des générateurs spéciaux.

Le four G.-H. Gin représenté ([1]) en figures 8 à 13 évite ces inconvénients. Ici, on emploie des capacités

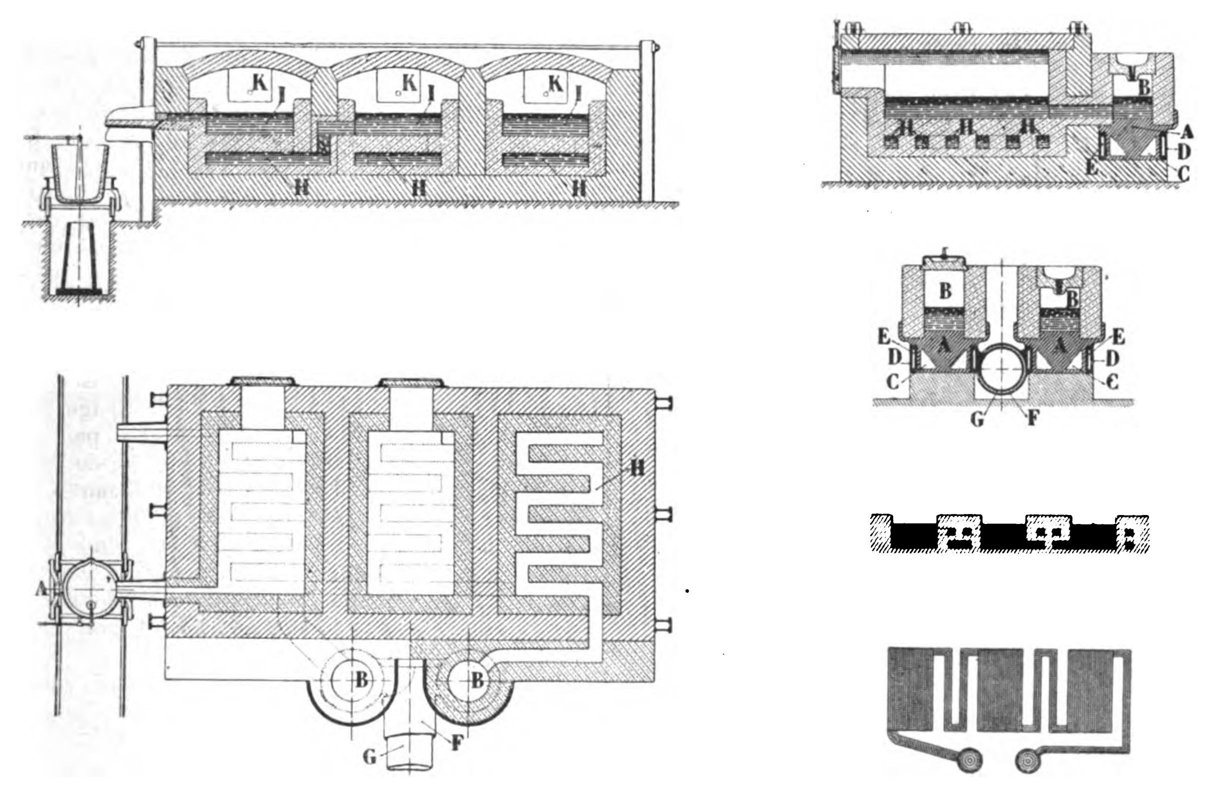


Fig. 8 à 13. — Four Gin pour la transformation de la fonte en acier (autre type).

distinctes pour le chauffage électrothermique et pour les opérations de réduction ou d'affinage, ces dernières étant réalisées dans des cuvettes qui communiquent entre elles et avec les prises de courant par les canaux de chauffage. Quand le métal est arrivé à la composition voulue, on coule une partie du bain de la dernière cuvette. Le métal des diverses parties du four se met en mouvement vers l'orifice de coulée; de telle sorte que le métal enlevé à la dernière cuvette se trouve remplacé par le métal chauffé à haute température dans le canal reliant cette dernière cuvette à la précédente. De même une partie du métal refroidi dans l'avant-dernière cuvette vient remplir le canal de chauffage qui y fait suite et se trouve remplacé par le métal chaud provenant du canal de chauffage antérieur et ainsi de proche en proche jusqu'à la prise de courant où l'on introduit une quantité de fonte liquide équivalente à celle du métal coulé. Le fonctionnement est donc continu. L'appareil représenté par les figures peut produire 300 à 350 tonnes d'acier en 24 heures, pour une puissance de 7200 kilowatts (60000 ampères sous 120 volts).

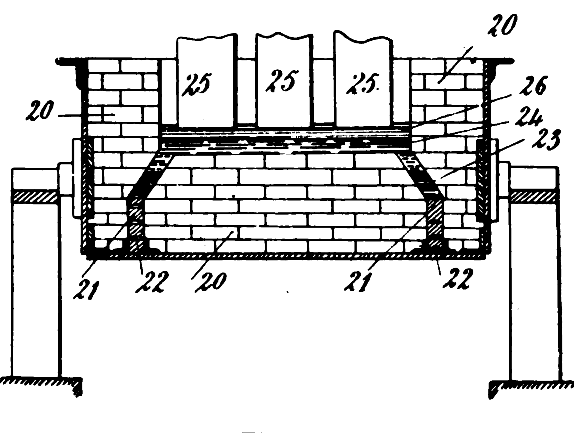
Les prises de courant sont constituées par un bloc d'acier doux A soutenant les parois des cuvettes B. Dans la cavité C, creusée dans le bloc, circule un courant d'eau de réfrigération. Ces prises de courant sont frettées à chaud avec les manchons D en bronze de bonne conductibilité qui sont reliés au câble concentrique FG. On annule ainsi presque complètement la self-induction du circuit.

En logeant les canaux H dans l'épaisseur même du fond des cuvettes I, on réduit les pertes calori-

([1]) Addition n° 3550 du 3 août 1904 au brevet 342101 du 30 mars 1904.

fiques. Plusieurs cuvettes sont nécessaires, car il est difficile de dépasser la température 1850° C. dans les canaux sans risquer de ramollir les parois; comme d'autre part l'acier fini doit être coulé à une température voisine de 1600° C., on voit que les seules calories disponibles dans le bain sont celles qui correspondent au refroidissement de 1850° à 1600°. Avec la méthode de dilution des riblons dans la fonte, il faut compter 5 cuvettes. Dans la méthode par oxydation il en suffit de 3 : une pour éliminer le silicium et le manganèse, une pour éliminer le carbone et le phosphore et la troisième pour la recarburation et l'obtention de la qualité d'acier que l'on désire. Chaque cuvette est munie d'une porte K pour l'introduction des matières et de trous de coulée pour l'enlèvement des scories ou du métal.

La Société anonyme électrométallurgique (pro-



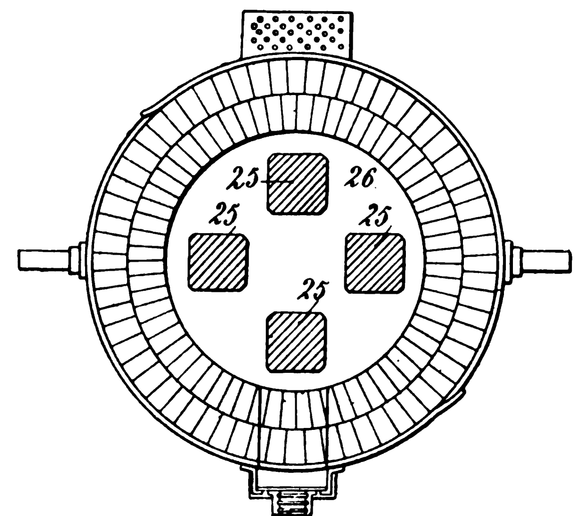


Fig. 14 et 15. — Four Girod pour la transformation de la fonte en acier.

cédés Paul Girod) (1) construit un four dans lequel une des électrodes est remplacée par un pôle noyé dans la sole du four, de telle façon qu'il soit à l'abri d'une température trop élevée et que le métal en fusion soit solidifié à son contact jusqu'à un point déterminé par l'expérience. Ce pôle peut être en graphite ou en métal.

Les figures 14 et 15 représentent en élévation et en plan une coupe d'un four circulaire oscillant destiné à la fabrication de l'acier, de la fonte, etc. Le pôle noyé dans la maçonnerie 20 est un anneau en fonte 21 muni d'une circulation d'eau 22. Cet anneau se recouvre immédiatement d'une couche de métal solidifié 23 qui, lui-même, amène le courant au métal en fusion 24. Le pôle supérieur est constitué par une ou plusieurs électrodes 25 et le courant traverse le laitier 26 et le minerai en fusion. Au lieu de fonctionner comme four à résistance ce four peut également agir comme four à arc en faisant saillir les électrodes supérieures au-dessus du laitier.

Dans un tel four, on travaille absolument à l'abri du carbone puisque l'électrode inférieure est noyée et que l'électrode supérieure ne touche pas le métal en fusion mais seulement le laitier.

La même Société a étudié (1) un four à résistance applicable à la fabrication de l'acier au creuset. Les creusets à chauffer sont placés dans des cornues entre lesquelles on a tassé un mélange conducteur (charbon et silice) qui est traversé par le courant. Des détails sur quelques modes de construction de ce four ont été donnés antérieurement dans cette Revue (2).

Traitement des minerais de fer. — Quoique résolu au point de vue purement technique, le problème de la fabrication de la fonte au four électrique est celui qui a reçu jusqu'ici le moins d'applications par suite des conditions économiques très difficiles à remplir pour qu'il y ait avantage sur le haut fourneau ordinaire. On cite néanmoins quelques installations et le problème suscite toujours d'assez nombreuses recherches,

Le haut fourneau électrique Harmet (3), dont il a déjà été dit quelques mots ici (4), est représenté en coupe verticale par les figures 16 et 17. Les matières brutes, sauf le coke, sont introduites dans la cuve 1 du calcinateur. La forme de cet appareil permet le chauffage des matières par les chalumeaux 2 alimentés par les gaz perdus du haut fourneau. Les matières calcinées, ayant perdu eau, gaz carbonique et matières volatiles, arrivent encore rouges sur la sole 4 où un piston à mouvement alternatif 5

(1) Brevet français 350524 du 4 janvier 1905.

(1) Brevet francais 329822 du 28 février 1903. — Additions 3125, 4187, 4864 et 5508.

(2) *La Revue électrique*, t. IV, 30 octobre 1905, p. 241.

(3) Brevet français 318283 du 1er février 1902.

(4) *La Revue électrique*, t. II, 15 décembre 1904, p. 340.

les pousse dans les couloirs 6 ou 7 d'où elles se rendent dans les chargeurs 8 ou 9. De là elles descendent dans le réducteur. Le carbone de réduction (généralement le coke) y arrive par le chauffeur 17 où il s'échauffe préalablement en perdant son eau.

Les matières descendant peu à peu dans le réducteur depuis leur introduction au gueulard voient leur température augmenter de plus en plus et deviennent pâteuses à l'endroit où la cuve s'élargit. La réduction doit être opérée à ce moment et, dans le creuset, il ne doit plus rester que la fusion à effectuer. Comme cette réduction n'est complète que

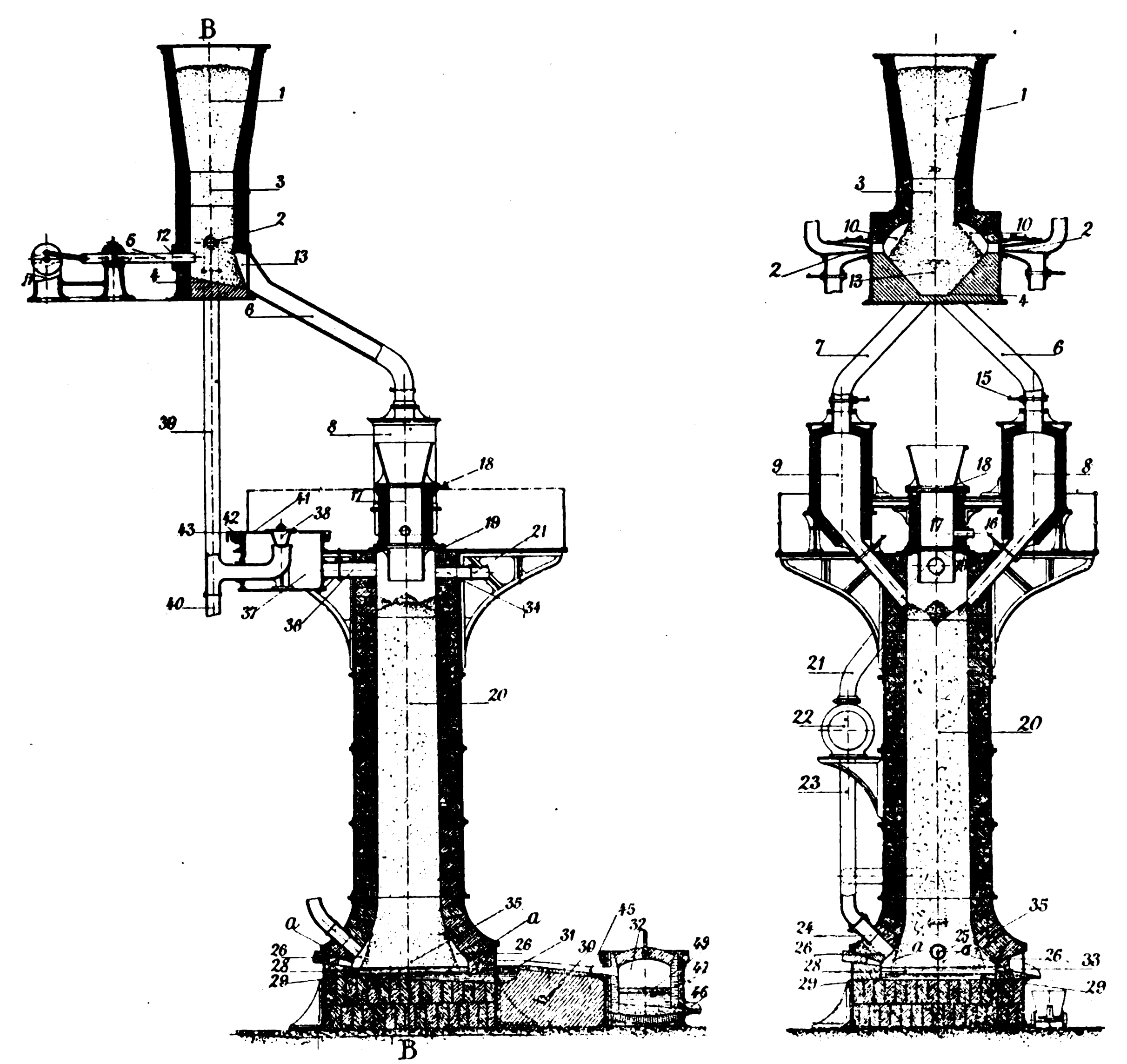


Fig. 16 et 17. — Haut-fourneau électrique Harmet.

grâce à l'oxyde de carbone, on retire du gueulard une certaine partie des gaz (composés principalement d'oxyde de carbone) et par le ventilateur 22 on les souffle à forte pression un peu au-dessus du laitier. En présence du coke incandescent, le gaz carbonique restant se transforme en oxyde de carbone et ce gaz traversant les matières dans la cuve opère la réduction. Il sert en outre à transporter dans la cuve une partie des calories fournies électriquement au creuset. Dans celui-ci on réalise, par les dispositifs clairement indiqués sur les figures, l'écoulement constant du métal fondu, d'une part, et du laitier qui surnage, d'autre part. Le courant électrique arrive par quatre paires de charbons disposés deux

par deux tout autour du creuset et plongeant dans le laitier qui sert de résistance de chauffage. En 37 se trouve une chambre avec soupape 38 pour le dégagement des gaz en excès qui iront chauffer les matières dans le calcinateur.

Sortant du réducteur, le métal se rend dans le régulateur 32 où il est mis au point voulu. Le chauffage électrique s'y fait par deux charbons plongeant dans le laitier. Pour l'écoulement du métal et du laitier on adopte les mêmes dispositions que dans le réducteur. Le bain métallique restant immobile, on n'a pas à craindre ici un mélange avec le laitier et l'on peut obtenir ainsi des aciers de grande pureté.

Dans une addition en date du 17 juillet 1902, M. Harmet recommande de faire passer de préférence le courant électrique dans les matières pâteuses du creuset au lieu de l'envoyer dans le laitier, afin d'éviter une action électrolytique sur celui-ci et, par suite, l'introduction d'impuretés dans le métal.

Dans les additions 846 et 863 en dates du 30 août et du 5 septembre 1902, M. Harmet indique une forme pratique de construction du creuset (voir *fig.* 18) et revendique, comme caractéristique de

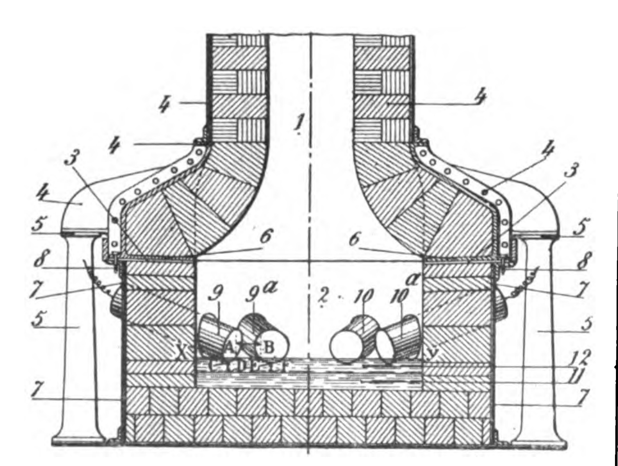


Fig. 18. — Haut-fourneau Harmet (détails).

l'emplacement des charbons dans le laitier, un écartement AB tel que $AB < CD + EF$.

Par ce dispositif on a en vue de fournir les calories au laitier seul et d'empêcher le courant de traverser la couche métallique. Le réglage des électrodes a lieu à l'aide de deux mouvements : l'un d'eux se fait suivant l'axe de l'électrode; l'autre mouvement est une oscillation autour d'un axe de façon à rapprocher ou à éloigner l'extrémité inférieure des deux charbons qui constituent un circuit électrique.

Le four électrique à électrode coulante de la Société électrométallurgique française a déjà fait l'objet d'une description dans cette Revue ([1]). Une forme particulière ([2]) est représentée en figure 19.

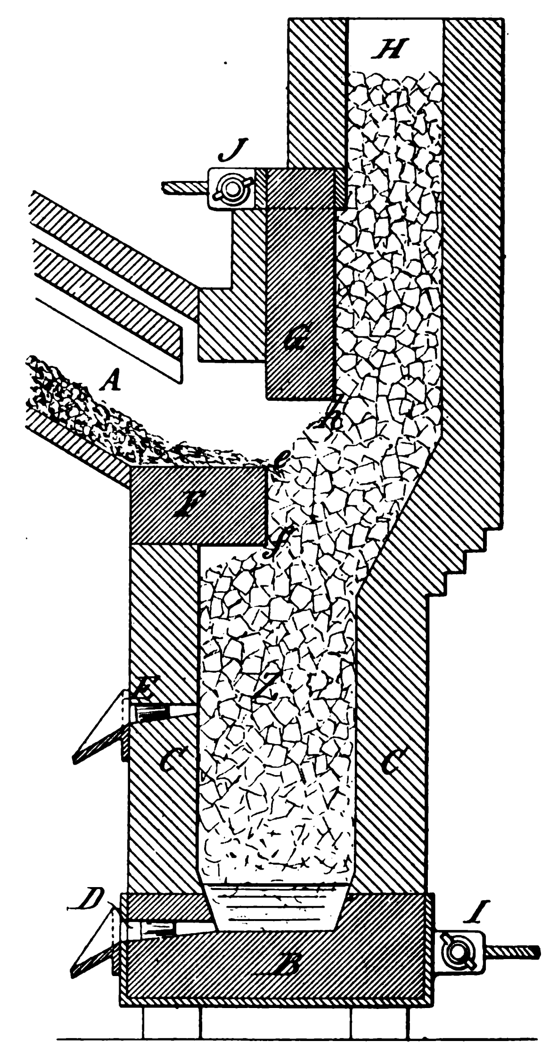


Fig. 19. — Four à électrode coulante de la Société électrométallurgique française.

Ce four à garniture réfractaire renferme une colonne de coke ou autre combustible conducteur que parcourt le courant électrique et auquel vient se mêler le minerai fondu ou pâteux provenant d'un four contigu de préparation. Au fur et à mesure que le charbon disparaît par suite de la réduction de minerai, la colonne de coke est entretenue par le haut. Le combustible qui constitue une des électrodes du four coule donc d'une façon continue.

La figure 19 montre la coupe d'un four qui con-

([1]) *La Revue électrique*, t. III, p. 344, 15 juin 1905.
([2]) Brevet français 318638 du 12 février 1902.

vient à la production de la fonte, du ferro-silicium, du ferro-manganèse, etc.

Le creuset en charbon B est surmonté d'une maçonnerie réfractaire C. Deux trous de coulée servent : l'un, D, pour le métal fondu et l'autre, E, pour le laitier. F est une électrode auxiliaire en charbon qui sert de seuil au four préparatoire A et produit la surchauffe du minerai ; celui-ci se trouve ainsi amené fondu au milieu de la colonne de coke Z. Les bornes de la source d'électricité sont reliées : d'une part, au creuset B en I ; d'autre part, en J, au bloc de charbon G contre lequel frotte le combustible. De plus, entre la fausse électrode F et le bloc G s'établit un court-circuit à travers le charbon et il se produit en *e* et *f* deux points de chaleur excessive qui empêchent l'accumulation de minerai pâteux. En *h*, qui est également un point de très haute température, se produit la surchauffe du charbon descendant. Le minerai se réduit en descendant et le métal fondu se réunit au fond du creuset. Les gaz provenant de cette réduction s'échappent entre G et F et entrent dans le four préparatoire où ils échauffent le minerai jusqu'à l'état pâteux.

Au lieu d'être placée verticalement, comme il est représenté sur la figure 19, l'électrode G peut aussi être disposée horizontalement et entourer entièrement la colonne de coke.

La Société Electric Furnace Company (1) obtient directement l'acier en partant du minerai en opérant la réduction dans un four électrique fermé et en n'ajoutant au minerai que juste la quantité de carbone nécessaire pour se combiner avec l'oxygène du minerai et pour produire l'acier.

Le four est chauffé par le courant électrique traversant trois plaques résistantes entre lesquelles descend le minerai. Le creuset où descend le métal fondu est chauffé, en outre, par une plaque circulaire de même matière traversée par le courant. Ces différentes plaques sont constituées à l'aide d'un mélange de 75 pour 100 d'argile et de 25 pour 100 de graphite. Pour empêcher leur usure trop rapide, on les recouvre d'une couche de matière réfractaire (magnésite ou dolomie).

C. Schenck Bradley (2) obtient, grâce à la température élevée du four électrique, des réactions qu'il est impossible d'obtenir avec les fours ordinaires. C'est ainsi qu'il peut obtenir le fer en partant des minerais sulfurés. En chauffant simplement au four électrique un mélange d'oxyde et de sulfure de fer, il se produit les réactions

$$FeS^2 = FeS + S,$$
$$3FeS + 2Fe^2O^3 = 7Fe + 3SO^2.$$

(1) Brevet français 320112 du 1er avril 1902.
(2) Brevet français 331785 du 22 août 1903.

Ces réactions sont également applicables aux autres métaux du groupe du fer (nickel, cobalt, manganèse) ou du groupe du chrome (chrome, molybdène, tungstène, uranium).

On sait que certains minerais de fer se présentent sous la forme de sables qu'il est impossible de traiter à cet état dans les hauts fourneaux ordinaires. Dans d'autres cas, on a dû pulvériser certains minerais pour la séparation magnétique de l'oxyde Fe^3O^4 presque pur. Dans tous ces cas, on est obligé de comprimer le minerai en briquettes avant de le traiter au haut fourneau. Comme ce traitement est assez coûteux, on a cherché à le supprimer. Le procédé Ruthenburg, qui a été précédemment décrit dans cette Revue (1), consiste à faire passer l'oxyde magnétique en poudre entre les branches d'un électro-aimant et à envoyer un fort courant au travers du pont ainsi formé par le minerai. Celui-ci coule alors en gouttelettes de la grosseur d'un haricot qui peuvent être réduites facilement, soit ultérieurement, soit au moment de leur formation.

Le four D.-R.-S. Galbraith et W. Stenart dont il a été déjà dit quelques mots dans ce journal (2) est construit en vue de traiter directement les sables de fer.

Dans ce four (3), la charge en tombant en pluie fine est brassée continuellement et soumise à l'action

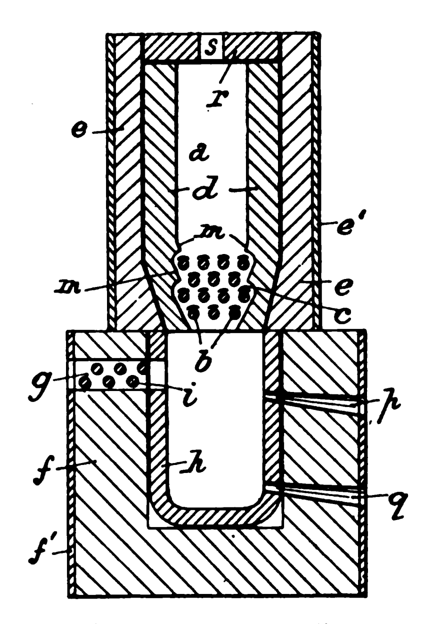


Fig. 20. — Four Galbraith.

de résistances électriques portées à l'incandescence

(1) *La Revue électrique*, t. II, 30 septembre 1904, p. 184.
(2) *La Revue électrique*, t. IV, 15 août 1905, p. 93.
(3) Brevet français 336726 du 16 novembre 1903.



ainsi qu'à l'action d'un gaz réducteur chaud. La figure 20 représente la coupe verticale d'un type de cet appareil. *a* est le foyer construit à l'aide de dalles réfractaires *d* en bauxite, entourées d'une enveloppe *e* non conductrice de la chaleur et d'une chemise métallique e^1. Le couvercle *r* en bauxite possède une ouverture *s* pour le chargement et l'échappement des gaz. Dans la zone de fusion se trouvent les corps incandescents *b* (charbon ou fil de platine enroulé à l'intérieur d'un tube réfractaire) traversés par le courant électrique et surmontés d'écrans *c* destinés à faire dévier la matière à travers les intervalles des corps incandescents. Ces corps *b* peuvent être mobiles pour éviter l'adhérence de la matière. *h* est la cuve en matière réfractaire; elle est enfermée dans une boîte *f* avec chemise f^1 et possède un passage *g* pour le gaz réducteur introduit chauffé par les corps incandescents *i*. Les ouvertures *p* et *q* sont des trous de coulée pour le laitier et le métal fondu. Le sable de fer est introduit mélangé à du charbon et un fondant pulvérisés et l'ensemble est introduit préalablement chauffé, à l'état de pluie, par l'ouverture *s*.

Dans un autre brevet ([1]), les mêmes inventeurs indiquent la modification suivante apportée aux corps de chauffage. Ceux-ci sont constitués par un écran isolant aux extrémités duquel sont enchâssés des conducteurs en charbon reliés aux deux pôles de la source d'énergie électrique. Des rigoles placées au-dessus et dans l'axe de ces écrans distribuent la matière tombant en pluie sur ceux-ci, de telle façon que cette matière est traversée par le courant. Cette action se répète à chaque écran pendant la descente et la matière est portée ainsi à l'incandescence.

Pour la production électrique de la fonte, principalement en vue de la fabrication de l'acier, la Société électrométallurgique française a breveté le four suivant.

L'appareil ([2]) représenté en figure 21 consiste en un creuset *a* en graphite surmonté d'une hausse *b* amovible ou non et d'une électrode verticale *c* réglable. Le fond du creuset est constitué par une plaque de fonte *d* qui sert de conducteur et possède des tiges de fer *e* qui sont noyées dans le graphite de façon à assurer le contact. *h* et *i* sont les trous de coulée du métal et du laitier. *g* est une chemise d'eau destinée à protéger le creuset de l'action des laitiers non réduits.

C'est donc un four qui fonctionne à la fois par arc et par résistance. Il permet d'obtenir de la fonte phosphoreuse ou siliceuse qui sera bessemérisée pour l'obtention de rails, poutrelles, etc., puis traitée au four électrique après bessemérisation pour l'obtention des produits fins en acier.

([1]) Brevet français 336727 du 16 novembre 1903.
([2]) Brevet français 341611 du 25 mars 1904.

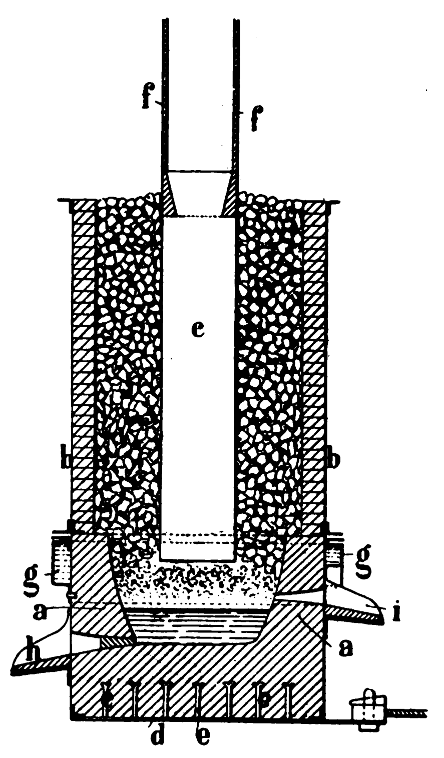


Fig. 21. — Four de la Société électrométallurgique française pour la fabrication de la fonte.

La charge se compose de minerai, castine et charbon. En descendant, le minerai s'échauffe et commence à se réduire au contact de l'oxyde de carbone. Sous l'influence de l'arc, le minerai fond et le charbon termine sa réduction et le sature de carbone.

Pour fabriquer 10 ou 12 tonnes de fonte par jour avec un minerai de 50 à 60 pour 100 de fer, le four consommerait 100 chevaux sous 50 volts.

Le creuset aurait comme diamètre intérieur, en haut du garnissage, $1^m,50$ et au four 1^m et comme profondeur $0^m,70$. Le trou à laitier serait à $0^m,35$ au-dessus du four. La hausse aurait $1^m,50$ de hauteur. Chaque coulée serait de 1500^{kg}.

Applications diverses de l'électricité au travail des pièces en fer ou en acier. — Deutsch et Hochhauser ([1]) ont breveté un procédé de fabrication de pièces magnétiques en fer ou en acier fondu

Ce procédé consiste à laisser se solidifier la pièce fondue sous l'action des lignes de force engendrées

([1]) Brevet français 319008 du 24 février 1902.

par un solénoïde approprié. D'après le brevet, les pièces refroidies gardent un magnétisme rémanent et jouissent d'une très grande perméabilité permettant d'économiser en poids 30 à 35 pour 100 sur les pièces ordinaires. En même temps la matière est rendue plus compacte et plus résistante mécaniquement.

V.-E. Prétot et E. Verschave (1) trempent d'une façon continue des fils d'acier au moyen du courant électrique.

Le fil d'acier se déroule d'un dévidoir, est porté au rouge par un courant électrique amené par deux pinces, passe dans le bain de trempe pour se rendre ensuite dans un appareil de recuit également chauffé par un courant et enfin s'enrouler sur un tambour.

W.-F.-L. Frith (2) propose de raffiner ou de recuire l'acier ou d'autres métaux de la façon suivante :

Les pièces en acier sont recuites à une température de 550° environ, obtenue par le courant électrique, et dans un récipient clos renfermant du mercure. Dans ces conditions, la ténacité, l'élasticité et la flexibilité du métal traité seraient augmentées, de même que la résistance à la pénétration des projectiles et à l'action corrosive de l'eau de mer.

C'est un procédé pour détremper localement les plaques cémentées et en permettre le travail à froid que brevète la Société Schneider et Cie (3).

Les plaques cémentées et trempées étant inattaquables aux outils, on procède ici au recuisage électrique des parties à travailler. A cet effet, on place sur la couche cémentée à travailler un métal ou un alliage convenable que l'on porte au rouge par l'arc électrique, par l'incandescence d'une résistance ou par induction. Un petit gabarit limite la place à travailler. Pour éviter de porter la surface de la plaque à une température supérieure au point de récalescence au chauffage, ce qui pourrait entraîner une trempe par refroidissement, et pour éviter l'oxydation et la volatilisation du métal liquide, on fait alterner des chauffages et des refroidissements de durée à peu près égale.

L. JUMAU.

CALCIUM.

Applications industrielles du calcium (*L'Industrie électrique*, t. XV, 25 août 1906, p. 379). — Dans un article général sur les Progrès des industries électrochimiques, M. J. Izart donne les quelques renseignements qui suivent sur les propriétés et les applications industrielles possibles du calcium métallique, lequel, comme on sait (1), est aujourd'hui fabriqué industriellement :

Le calcium peut être livré en France par la Société d'Électrochimie et en Allemagne par l'Elektrochemische Werke G. m. b. H., de Bitterfeld, où est appliqué le procédé Rathenau.

Tel qu'on le trouve actuellement dans le commerce sous forme de petits bâtonnets, le calcium titre 96 à 98 pour 100 de métal pur ; sa densité est 1,5446, soit un peu plus de la moitié de celle de l'aluminium 2,7. Sa dureté est supérieure à celle du sodium, du plomb ou de l'étain, comparable à celle de l'aluminium, légèrement inférieure à celle du zinc et du magnésium. Sa résistance de rupture à la traction est de 0,610 kg : mm². Il peut être conservé à l'air sans crainte d'oxydation profonde bien qu'il se recouvre d'une légère couche d'oxyde.

Son grand pouvoir réducteur est certainement celle de ses propriétés qui recevra le plus grand nombre d'applications industrielles, soit dans la fabrication de certains produits organiques, soit dans l'affinage des métaux. Le calcium présente pour ces applications des avantages marqués sur le sodium : plus grande facilité de conservation, moindre violence des réactions. Jusqu'ici cependant ces applications se bornent à l'emploi dans les fonderies américaines de ferrocalcium pour épurer les bains avant la coulée.

Une autre propriété industriellement intéressante est la faculté qu'il possède de se combiner à l'azote. Cette propriété, jointe à celle de fixer l'oxygène, peut être utilisée à faire chimiquement le vide dans les lampes à incandescence ou les ampoules à rayons X. Elle peut encore être appliquée à l'enlèvement complet des gaz occlus dans la fonte ou l'acier en fusion, et si, comme on l'a reconnu récemment, la présence de l'azote exerce une influence nuisible sur les propriétés mécaniques des fers et aciers, cette application ne peut manquer de se développer.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et métaux : PAULING. USAP. 807491, 2 avril 1902 (fabrication de l'acide azotique). — PORTHEIM. USAP. 798920, 29 janv. 1904 (réduction de l'acide oxalique et de ses dérivés par électrolyse). — RICE. USAP. 807964, 9 mai 1904 (ozoneur). — ROBERTS. USAP. 807640, 25 juin 1895 (fabrication de l'acide chlorhydrique). — RUFF. USAP. 806006, 20 janv. 1903 (fabrication du calcium). — STRECKER. USAP. 810889, 12 mai 1902 (procédé de préparation électrolytique des métaux employés en lithographie). — THOMPSON. BP. 25010, 1904 (fabrication d'acide azotique par l'électricité). — TURNER. USAP. 806600 et 806601, 25 janvier et 16 mai 1904 (stérilisateur de lait). — WOOD. USAP. 804291, 17 février 1905 (production d'ozone).

(1) Brevet français 321332 du 21 mai 1902.
(2) Brevet français 322980 du 5 juillet 1902.
(3) Brevet français 338998 du 24 août 1903.

(1) *Voir* notamment l'article de L. JUMAU, *Recherches récentes sur la fabrication des métaux alcalins et alcalino-terreux*, publié t. V, 15 mai 1906, p. 282.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

AURORES POLAIRES.

Depuis les observations de M. Adam Paulsen [1], qui le premier remarqua la grande analogie des propriétés de l'aurore boréale et des propriétés des rayons cathodiques, il est généralement admis que toute explication des aurores polaires doit faire intervenir une source de rayons cathodiques. Mais, tandis que les uns placent cette source dans l'atmosphère terrestre, d'autres supposent que les rayons cathodiques émanent du Soleil. Laquelle de ces deux hypothèses convient-il d'adopter? Quelle est celle qui permet le mieux d'expliquer toutes les particularités que présentent les aurores polaires? C'est là une question qui vient d'être mise à l'ordre du jour par M. P. Villard, partisan de l'hypothèse de l'origine terrestre et Carl Störmer, partisan de celle de l'origine solaire des rayons cathodiques, dans diverses Notes présentées à l'Académie des Sciences et dont on trouvera plus loin les analyses.

Cette question en soulève d'ailleurs plusieurs autres : Quels sont les phénomènes que présentent les aurores polaires et qu'il s'agit d'expliquer? Comment les rayons cathodiques peuvent-ils prendre naissance dans l'atmosphère terrestre ou l'atmosphère solaire? Comment ces rayons cathodiques peuvent-ils donner lieu aux aurores polaires. Ce sont ces questions que nous nous proposons d'examiner successivement.

I. Caractères des aurores polaires. — Ces caractères peuvent être classés en trois groupes, suivant que l'on considère les apparences lumineuses des aurores, la périodicité de leur fréquence ou les relations qu'elles présentent avec le magnétisme terrestre.

1° *Apparences lumineuses.* — Dans une Communication faite en février dernier à la Société internationale des Électriciens [2], M. Villard résume ainsi les particularités de forme et d'aspect que présentent les aurores :

L'aurore affecte généralement une forme en éventail composé de bandes lumineuses semblables à des faisceaux de projecteur, convergeant vers le pôle magnétique, mais s'arrêtant à distance de celui-ci et s'appuyant en quelque sorte sur un arc dont l'intérieur est sombre (arc auroral).

(1) A. Paulsen, *Sur la nature et l'origine de l'aurore boréale* (*Bull. de l'Acad. des Sc. de Copenhague*, 1894).
(2) *Bull. Soc. int. des Électr.*, 2e série, t. VI, p. 61.

La base de chaque faisceau sur cet axe présente un renforcement notable. La longueur des rayons est variable; souvent on les voit aller d'un pôle à l'autre.

Par instants, des mouvements se produisent dans l'aurore; les rayons se déplacent le long de l'arc auroral comme si l'ensemble tournait, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, autour de l'axe magnétique du globe.

Parfois la base des rayons s'élève ou s'abaisse comme si chaque faisceau lumineux était animé d'un mouvement longitudinal (danse des rayons).

Il faut ajouter à cela les taches lumineuses dans le ciel (plaques aurorales).

2° *Périodicité de la fréquence.* — La connaissance de la variation de la fréquence des aurores est importante pour la discussion de l'origine des rayons cathodiques. Dans un article publié en 1902, M. S. Arrhénius donne à ce sujet les détails suivants [1] :

Le caractère le plus important de l'aurore polaire est la périodicité de sa fréquence. La période la plus frappante est celle de 11,1 années, qui concorde avec la période des taches solaires. Très vraisemblablement il existe d'autres périodes séculaires, dans lesquelles le phénomène lumineux polaire se montre plus ou moins intense, comme de Mairan [2] l'a établi dans ses recherches classiques.

Ainsi des développements extraordinaires de l'aurore boréale se sont produits au milieu du xviiie et à la fin du xixe siècle, qui avaient été précédés de minima très accusés. Ces variations séculaires, dont la nature exacte n'a pas encore été fixée, dépendent fort probablement des variations de l'activité solaire. Ainsi la quantité des taches solaires, à l'époque de ses maxima du commencement des deux derniers siècles écoulés, était assez faible et les aurores polaires étaient en même temps très rares. Cette période séculaire correspondrait à 10 périodes de 11,1 années; d'autres savants voudraient la réduire de moitié.

A côté de ces longues périodes, l'aurore polaire possède une période annuelle avec deux maxima aux époques de l'équinoxe et deux minima aux solstices. Des maxima, celui d'automne paraît un peu plus fort que celui de printemps. Cela ressort particulièrement des observations de l'Amérique du Nord, où la variabilité annuelle de la longueur et de la clarté du jour trouble moins le phénomène. Très près du nord, comme en Islande et au Groenland, les deux maxima se déplacent tellement, à la suite de cette perturbation, aux périodes les plus sombres de l'année, qu'ils se rejoignent

(1) S. Arrhénius, *La cause de l'aurore boréale* (*Revue générale des Sciences*, t. XIII, 30 janvier 1902, p. 65-76).
(2) De Mairan, *Traité de l'aurore boréale*, Paris, 1754.

en un seul maximum en décembre, tandis qu'en juin et en juillet on n'observe aucune aurore boréale, à cause de la forte illumination du ciel. D'après les observations de l'Amérique du Nord, et malgré la grande clarté du ciel en été, la fréquence de l'aurore boréale à cette époque est plus grande qu'en hiver (le maximum de juin s'élève à 1061 aurores boréales, tandis que celui de décembre n'en accuse que 912).

Quand on introduit une correction à cause de la modification de clarté, la comparaison se déplace en faveur de l'été. Il en est de même pour l'hémisphère sud, où l'aurore polaire est deux fois plus fréquente au minimum d'été (janvier) qu'au minimum d'hiver (juin-juillet). Si donc les contrées voisines des pôles, comme la Scandinavie et encore plus l'Islande et le Groenland, présentent un minimum d'été beaucoup plus accusé que celui d'hiver, cela ne provient vraisemblablement que de circonstances secondaires, la clarté des nuits d'été empêchant totalement l'observation de l'aurore polaire.

Les périodes mensuelles de l'aurore polaire n'ont été découvertes que récemment. Ekholm et Arrhénius [1] ont reconnu une période qui concorde avec la révolution tropique de la Lune. Le maximum de l'aurore boréale se produit à l'époque du lunistice sud, et le minimum, au contraire, à l'époque du lunistice nord. Le balancement est d'environ ± 20 pour 100. Une autre période, presque mensuelle, mais dans laquelle le maximum se produit en même temps pour les deux hémisphères, est celle de 26 jours environ, qu'on a trouvée déjà autrefois pour les phénomènes magnétiques, barométriques ou autres. La longueur de cette période, qui présente une amplitude de ± 10 pour 100, a été fixée par Ekholm et Arrhénius à 25,93 jours.

La plus courte des périodes de l'aurore polaire est la période diurne. Le plus grand nombre des aurores boréales a lieu avant minuit. D'après Fritz [2], le maximum diurne de l'Europe moyenne (50° lat. N.) a lieu vers 9^h du soir; pour les localités plus au nord, comme Christiania et Upsal (60° lat. N.), de $9^h 30^m$ à 10^h, et pour Bossekop (70° lat. N.), vers $10^h 30^m$. En Amérique, le maximum paraît se présenter un peu plus tard : dans les latitudes moyennes (40° à 50° N.), vers 10^h; dans les contrées polaires (60° à 70° lat. N.) vers minuit.

Cette variation diurne est fortement influencée par les conditions de clarté. L'aurore boréale est absolument invisible pendant le jour, et ne peut arriver à être perçue qu'après la fin du crépuscule. Si aucune lumière étrangère ne venait jeter le trouble, le maximum réel se présenterait plus tôt que le maximum observé, et l'on peut supposer qu'il tombe après le milieu du jour, comme celui de la déclinaison magnétique. Un essai de correction d'après la clarté a été fait par Carlheim-Gyllenskiöld. Ses observations ont été exécutées pendant l'hiver 1882-1883 au cap Thordsen (Spitzberg); elles conduisirent, non corrigées, à un maximum vers 8^h du soir, tandis que le maximum corrigé était à $2^h 40^m$ du soir [1].

Dans la période séculaire, on constate une particularité très accusée : c'est que cette période se remarque d'autant plus que le domaine d'observation se trouve plus près de l'équateur. En Islande et au Groenland, on peut à peine la découvrir. On peut faire des considérations analogues quant à la période de 25,93 jours et à la période diurne. Ainsi, d'après Carlheim-Gyllenskiöld, la période diurne réelle de l'aurore boréale au Spitzberg est très peu marquée. On le comprend facilement.

3° *Relations avec le magnétisme terrestre.* — Si les aurores polaires paraissent dépendre, par leur périodicité, des taches solaires et du mouvement des astres, elles semblent aussi dépendre, par divers caractères, du magnétisme terrestre. Voici, d'après M. Mascart [2], quelques faits établissant cette relation :

Plusieurs observateurs ont signalé depuis longtemps que le sommet des arcs lumineux se trouve sensiblement dans le méridien magnétique.

De même les rayons, soit isolés, soit réunis en arcs, en couronnes ou en draperies, sont à peu près parallèles à l'aiguille d'inclinaison; ils paraissent donc converger dans le ciel, vers le zénith magnétique, c'est-à-dire vers le point où la direction de cette aiguille rencontre la voûte céleste.

Toutefois ces deux règles comportent beaucoup d'exceptions; la direction moyenne indiquée par le plan de symétrie des aurores paraît même, en chaque station, présenter une déviation constante par rapport au méridien magnétique, et le centre des couronnes s'écarterait aussi du zénith magnétique.

Le fait le plus remarquable est la coïncidence des aurores avec les perturbations magnétiques.

Si cette relation est manifeste pour les grandes aurores et les troubles magnétiques importants, on ne peut pas encore la considérer comme générale. Dans les latitudes élevées, on observe souvent des perturbations qui ne correspondent à aucune aurore: inversement, il se produit des aurores, avant, pendant et après lesquelles l'aiguille aimantée reste parfaitement tranquille.

Sans examiner quelles sont les interprétations propres à expliquer toutes ces irrégularités l'ensemble des phénomènes paraît bien démontrer que les aurores révèlent l'existence de courants électriques dans l'atmosphère.

Quelques observations de M. Paulsen [3], à Godthaab, indiqueraient même la direction de ces courants au moins dans un cas particulier. Les draperies aurorales n'ont qu'une très faible épaisseur, car elles se présentent comme une strie lumineuse quand elle passe au zénith de l'observateur. Au voisinage d'une de ces draperies,

(1) EKHOLM et ARRHÉNIUS, *Kongl. Svenska Vet. Akad. Handlingar*, t. XXXI, 1898, p. 15. Les données statistiques qui ont servi à M. Arrhénius à formuler toutes les conclusions du présent article sont tirées de ce Mémoire.

(2) FRITZ, *Das Polarlicht*, p. 102. Leipzig, 1881.

(1) CARLHEIM-GYLLENSKIÖLD, *Observations faites au cap Thordsen*, 1re série, t. II, 1886, p. 197.

(2) E. MASCART, *Traité de Magnétisme terrestre*, 1900, p. 388. Paris, librairie Gauthier-Villars.

(3) A. PAULSEN, *Expédition danoise en* 1882-1883. Copenhague, 1894.

qui venait du sud, l'aiguille de déclinaison était dirigée vers l'ouest et la déviation se fit vers l'est quand la draperie s'éloigna vers le nord après avoir passé au zénith. Les courants électriques traduits par ces lueurs étaient donc dirigés de bas en haut. En même temps, le potentiel de l'air diminuait jusqu'à devenir négatif pendant l'apparition des grandes aurores, ce qui concorderait avec la direction des courants.

II. Origine des rayons cathodiques des aurores. — 1° *Dans l'atmosphère solaire.* — La production des rayons cathodiques dans l'atmosphère solaire repose sur l'hypothèse, généralement admise, que les mouvements extrêmement puissants dont cette atmosphère est le siège sont accompagnés d'une séparation de l'électricité positive et de l'électricité négative. Il doit donc se produire des décharges auprès desquelles les décharges électriques des éruptions volcaniques terrestres ne sont rien. Dans ces décharges, qui s'étendent aussi haut dans l'atmosphère solaire que les masses projetées, il se développe, à la partie supérieure très raréfiée de cette atmosphère, des rayons cathodiques.

2° *Dans l'atmosphère terrestre.* — La production des rayons cathodiques dans la haute atmosphère terrestre peut être expliquée de diverses façons.

a. L'explication la plus simple est basée sur la déperdition de l'électricité négative sous l'action des radiations ultra-violettes; elle paraît avoir été envisagée pour la première fois par MM. Elster et Geitel [1] qui, en 1892, ont essayé d'établir une relation directe entre le potentiel atmosphérique et ces radiations; elle a été développée plus tard par M. Brillouin [2], qui en a fait le fondement d'une théorie fort intéressante et très complète de l'électricité atmosphérique. Voici cette explication :

Les aiguilles de glace qui constituent les cirrus abandonnent par leurs pointes de l'électricité négative sous l'action des rayons ultra-violets de la lumière solaire [3], rayons qui ont, à la haute altitude des cirrus, une intensité beaucoup plus grande qu'à la surface du sol, puisqu'ils n'ont pas encore traversé la couche inférieure de l'atmosphère, très absorbante pour ces rayons ; leur action est d'ailleurs facilitée par la raréfaction de l'air, laquelle, comme l'ont montré de nombreuses expériences, augmente la rapidité de la déperdition. La masse des cirrus se trouve donc électrisée positivement, tandis que l'air ambiant est électrisé négativement.

Lorsque le Soleil n'échauffe plus cet air, il peut s'y former de nouveaux cirrus, qui, eux, sont électrisés négativement. Entre ces cirrus négatifs et les cirrus positifs existe alors un champ électrique très intense qui, en l'absence des rayons ultra-violets, tend à réunir les charges électriques de signes contraires. Il se produit donc des décharges, dont les lueurs constituent les éclairs de chaleur et, comme ces décharges ont lieu dans une atmosphère à très basse pression, elles donnent, comme les décharges dans les tubes à vide des laboratoires, une quantité considérable de rayons cathodiques.

b. Une autre explication, due à M. Arrhénius, fait intervenir les poussières cosmiques. Elle est plus compliquée que la précédente, mais semble devoir expliquer aussi bien qu'elle les phénomènes de l'électricité atmosphérique, car comme dans celle-ci les rayons ultra-violets jouent un rôle; en outre, elle présente l'avantage de donner en même temps une explication des queues de comètes, de la lumière zodiacale, de la luminosité des nébuleuses, etc.

D'après M. Arrhénius, les poussières cosmiques sont projetées dans l'espace par les grandes éruptions solaires; si elles ne retombent pas sur le Soleil par suite de l'attraction considérable qu'exerce cet astre, c'est qu'en même temps elles sont sollicitées en sens opposé par la pression qu'exercent sur elles les ondulations lumineuses et que, pour un diamètre suffisamment petit de ces poussières, la force répulsive de pression l'emporte sur la force attractive de gravitation [1]. Mais l'atmosphère solaire est,

(1) Elster et Geitel, *Sitzb. der k. Akad der Wiss. Wien*, t. CI, 1892, p. 805.

(2) Ch. Brillouin, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. IX, 1900, p. 91.

(3) A la demande de M. Brillouin, M. Buisson a vérifié qu'un bloc de glace électrisé négativement perd toute sa charge dans un champ électrique quand on l'éclaire par un faisceau intense de rayons ultra-violets; l'effet est beaucoup moindre dès que la glace commence à fondre et s'annule lorsquo la surface entière est en fusion.

(1) Cette force de pression, due à la propagation des ondes lumineuses, est, comme on sait, une des conséquences de la théorie électromagnétique de Maxwell. Cette théorie permet d'ailleurs de calculer la valeur de la pression au voisinage immédiat du Soleil et les dimensions des poussières cosmiques.

En effet, d'après Maxwell, la pression est numériquement égale à l'énergie contenue dans l'unité de volume. Or l'expérience nous apprend que la constante solaire, c'est-à-dire la quantité d'énergie qui tombe en 60 secondes sur 1^{cm^2} de la surface d'un corps placé sur la Terre normalement au rayonnement solaire, est approximativement 2,5 calories, soit $2,5 \times 42600$ grammes-centimètres, en prenant 426 pour la valeur de la grande calorie en kilogrammètres. Par suite, l'énergie reçue en 1 seconde par 1^{cm^2} est la soixantième partie du nombre précédent, soit 1775 g-cm:sec:cm². La vitesse de la lumière étant de 3.10^{10} cm:sec, l'énergie de la radiation par unité de volume, donnée par le quotient des deux derniers nombres, est 592.10^{-10} g:cm². Pour avoir la valeur de cette pression dans le voisinage du Soleil, il faut multiplier le nombre précédent par le rapport des intensités de la radiation au voisinage du Soleil et au voisinage de la Terre. Si l'on applique la loi de la raison inverse du carré de la distance à la variation de l'intensité lumineuse, on trouve pour ce rapport $215,7 \times 215,7 = 46518$, le rayon de l'orbite

comme il a été dit plus haut, le siège de phénomènes électriques donnant naissance à des rayons cathodiques et probablement à des rayons Röntgen. Par suite, les gaz de cette atmosphère sont ionisés et, comme ce sont les ions négatifs qui font surtout office de germes de condensation, les poussières cosmiques, provenant de la condensation des gaz rejetés par le Soleil, se chargent de préférence négativement et entraînent l'électricité négative dans leurs voyages à travers l'espace. Le côté de la Terre tourné vers le Soleil (côté du jour) se trouve donc inondé par une pluie de particules chargées négativement. Ces particules restent d'ailleurs dans les couches les plus hautes de l'atmosphère, plus haut que les plus hautes étoiles filantes, car celles-ci, pour envoyer une lumière suffisante, doivent posséder une masse non négligeable. Comme les plus hautes étoiles filantes ont apparu à une hauteur d'environ 160^{km}, M. Arrhénius assigne à 200^{km} de hauteur la place à laquelle les petites particules d'une grosseur moindre que 1^{μ} restent stationnaires. Ces couches atmosphériques, qui sont le plus fortement chargées au voisinage du point situé sur la ligne joignant les centres de la Terre et du Soleil, se déchargent ensuite en donnant naissance aux rayons cathodiques. La plus grande partie des décharges a lieu de jour sous l'influence du rayonnement solaire ultra-violet et non loin des endroits où les particules chargées sont tombées, donc surtout dans les régions équatoriales. Toutefois, par suite des courants aériens, il peut se produire, à d'autres moments, et dans des contrées qui ne reçoivent que peu ou pas de lumière solaire, des accumulations semblables d'électricité négative donnant lieu à des décharges et à des rayons cathodiques.

Mais ces rayons cathodiques, formés dans une atmosphère où la pression n'est plus que 10^{-6} à 10^{-7} millimètres de mercure, ne semblent pas pouvoir donner lieu, par suite de l'extrême raréfaction de la matière, à des phénomènes lumineux visibles de la surface de la Terre, à 200^{km} de distance. Pour montrer comment ils peuvent donner naissance aux aurores, il faut donc ajouter quelque chose à l'explication déjà si compliquée de la formation de ces rayons.

Suivant M. Arrhénius, en raison même de l'extrême raréfaction de la matière dans leur région de formation, ces rayons peuvent atteindre les couches atmosphériques inférieures sans absorption sensible. Toutefois, cette pénétration sera différente suivant la latitude terrestre de ces couches par suite de l'action du champ magnétique. Les rayons cathodique, par leur nature même, doivent se propager en ligne droite lorsqu'ils sont dans la direction des lignes de force magnétique et suivant des lignes hélicoïdales dont l'axe est parallèle aux lignes de force quand leur direction est quelconque. Or à l'équateur les lignes de force du champ terrestre sont presque parallèles à la surface de la Terre; les rayons cathodiques ne pourront donc, à l'équateur, pénétrer dans les couches d'air plus profondes et produire des phénomènes lumineux plus forts; ils ne provoqueront qu'une apparence faible et diffuse très étendue ([1]). Mais, à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, les lignes de force deviennent plus inclinées sur la surface de la Terre; par suite, les rayons cathodiques pourront pénétrer plus profondément

terrestre étant égal à 215,7 rayons solaires: par suite, la pression de la lumière au voisinage du Soleil est de

$$46518 \times 592.10^{-10} = 2,75.10^{-3}\ g:cm^2.$$

D'autre part, l'attraction qu'exerce le Soleil sur un corps placé à sa surface est 27,47 fois plus grande que l'attraction terrestre à la surface de la Terre; par suite, 1^{cm^3} d'eau pèsera $27^g,47$ à la surface du Soleil et, si ce volume a la forme d'un cube ayant une de ses faces normale à la direction de propagation de la lumière, la force due à la pression de cette lumière (en admettant le cube immobile et parfaitement absorbant) ne sera que la dix-millième partie de la force due à l'attraction. Mais, si les dimensions du corps considéré diminuent, le rapport de ces deux forces augmente, car le poids varie comme le cube des dimensions linéaires, tandis que la force de pression varie comme le carré de celles-ci. Ce rapport deviendra égal à 1 quand le côté du cube sera 10^4 fois plus petit que 1^{cm}, c'est-à-dire sera 1^{μ}. Par conséquent, pour les poussières d'un diamètre inférieur à 1^{μ}, la force répulsive due à la radiation l'emportera sur la force d'attraction et ces poussières seront projetées au delà de l'atmosphère solaire.

Il est à peine besoin de remarquer que la pression due aux radiations lumineuses permet d'expliquer immédiatement le fait que les queues de comètes sont dirigées à l'opposé du Soleil : les radiations, en rencontrant les particules très mobiles de l'atmosphère des comètes, entraînent celles-ci dans le sens de la force de pression, c'est-à-dire les éloignent du Soleil. Cette explication étant admise, on peut déduire de la courbure des queues de comètes les dimensions des particules qui les forment; or, en admettant une densité de 0,8, Brédichin (*Revision des valeurs numériques de la force répulsive;* Leipzig, Voss, 1885) a trouvé des diamètres compris entre $0^{\mu},1$ et $1^{\mu},25$. L'ordre de grandeur des nombres ainsi déduits est donc le même que celui du nombre trouvé plus haut.

A propos de l'explication de la formation des queues de comètes par la pression de la lumière, il est intéressant qu'une explication du même genre ait été donnée par Képler (*Principia mathematica*, t. I, Chap. III, p. 41) en s'appuyant sur la théorie de l'émission de la lumière : Képler admettait que les corpuscules lumineux lancés par le Soleil cèdent une partie de leur mouvement aux particules de l'atmosphère cométaire et les entraînent dans leur sens. Cette explication fut abandonnée en même temps que la théorie de l'émission. Comme on vient de le voir, on y est revenu sous une forme un peu différente.

([1]) Il est à remarquer que l'on retrouve, dans la lumière diffuse du ciel pendant la nuit, la ligne spectrale caractéristique de l'aurore polaire.



et donner lieu à des aurores, lesquelles doivent dès lors être d'autant plus fréquentes que l'on s'éloigne plus de l'équateur, ce qui concorde très bien avec les observations. Toutefois, il y a une limite à cet accroissement par le fait que, aux environs des pôles, il ne tombe plus qu'une quantité insignifiante de particules négatives dans l'atmosphère terrestre; il doit par suite exister, autour des pôles géographiques et des pôles magnétiques (où les lignes de force magnétique sont verticales), deux anneaux dans lesquels l'aurore polaire se présente le plus fréquemment, et c'est précisément le cas.

III. Genèse des aurores sous l'influence du magnétisme. — L'explication de cette genèse est donnée dans les deux Notes de M. Villard à l'Académie. Mais par suite de la concision de ces Notes, imposée par les règlements, quelques explications complémentaires, puisées d'ailleurs dans la Communication de M. Villard à la Société internationale des Electriciens, ne seront sans doute pas superflues.

Un rayon cathodique est, comme on sait, la trajectoire d'une particule électrisée négativement, dont la charge est celle de 1 atome d'hydrogène électrolytique (7.10^{-10} unité électrostatique ou $2,3.10^{-19}$ coulomb), mais d'une masse (matérielle au sens ordinaire, ou apparente et due à l'inertie électromagnétique) environ 3000 fois moindre. Un tel rayon se comporte donc comme un courant électrique de sens opposé au mouvement de la particule et, comme tel, doit obéir aux lois ordinaires de l'électromagnétisme : dans un champ magnétique, il doit donc être dévié vers la droite d'un observateur placé sur la trajectoire et regardant dans le sens des lignes de force.

Supposons le champ uniforme et le corpuscule lancé perpendiculairement aux lignes de force. La force électromagnétique est alors constamment perpendiculaire à la direction de sa vitesse; celle-ci reste donc invariable. La direction seule est modifiée, tout en restant dans un plan perpendiculaire au champ (plan contenant la vitesse et la force); la trajectoire est donc plane. D'autre part, la force est constante; l'accélération l'est donc aussi et la ligne plane suivie par le projectile cathodique ne peut être qu'une circonférence parcourue d'un mouvement uniforme. Le rayon de cette circonférence est donné par la formule

$$R = \frac{m}{e}\frac{v}{\mathcal{H}} \text{ (unités électromagnétiques C.G.S.)},$$

$\frac{m}{e}$ étant le rapport de la masse à la charge, v la vitesse, $\mathcal{H}$ le champ; m et e n'interviennent évidemment que par leur rapport, car si l'on rend solidaires, par exemple, deux projectiles identiques, ce qui double charge et masse, la trajectoire du système reste évidemment celle de chaque projectile. Pour un observateur regardant dans le sens du champ, la circonférence est décrite dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si, le champ étant toujours uniforme, la particule est lancée obliquement au champ, sa vitesse peut être résolue en deux composantes : l'une, perpendiculaire au champ, donne une circonférence parcourue à vitesse constante (arc proportionnel au temps): l'autre, parallèle au champ, produit un déplacement du mobile proportionnel aussi au champ et non modifié par le champ. On a par suite une trajectoire dont l'ordonnée est proportionnelle au temps comme son abscisse curviligne : cette trajectoire est donc une hélice dont le rayon est donné par la formule précédente où v représente alors la composante de la vitesse normale au champ.

Dans le cas d'un champ non uniforme les rayons s'enroulent encore suivant des courbes qui rappellent l'hélice, mais cet enroulement ne se fait plus sur un tube de force comme dans le cas précédent. La recherche de la trajectoire ne peut, d'ailleurs, être abordée géométriquement que dans des cas très simples. L'un des plus intéressants est celui du champ produit entre les pôles de deux électro-aimants droits placés dans le prolongement l'un de l'autre. Ce champ est de révolution, il possède un plan équatorial; dans ce plan et dans des plans parallèles, il décroît de l'axe à la périphérie; c'est ce que M. Villard appelle *champ en forme de barillet.*

Lorsqu'une particule est lancée dans le plan équatorial d'un tel champ, sa trajectoire, au lieu d'être circulaire comme dans un champ uniforme, est une sorte de spirale plane représentée sur la figure donnée dans la seconde Note de M. Villard (p. 19); la légende qui accompagne cette figure et les explications contenues dans la première Note sont, nous semble-t-il, suffisantes, pour comprendre la manière dont cette trajectoire prend naissance.

Si la particule est lancée obliquement, par rapport au plan équatorial, le rayon s'enroulera, comme l'explique M. Villard dans sa Note du 11 juin, en spires décroissantes, sur une surface fusiforme oblique par rapport à la ligne de force passant par la cathode; arrivé à une certaine distance d'un pôle, l'enroulement s'arrêtera, s'éloignera en allant vers le second pôle, s'arrêtera de nouveau à une certaine distance de celui-ci pour revenir vers le premier, et ainsi de suite.

Cette dernière forme de trajectoire rend bien compte, ainsi qu'on pourra le voir dans les Notes de M. Villard, de toutes les apparences des aurores polaires. Les belles expériences faites par M. Villard, devant la Société des Electriciens et la Société



de Physique, avec des ampoules sphériques de diamètre considérable, ne laissent, d'ailleurs, aucun doute sur ce point.

IV. DISCUSSION DES DIVERSES THÉORIES DES AURORES. — Toute théorie des aurores polaires doit nécessairement expliquer les variations séculaires, annuelles, mensuelles et diurnes de la fréquence. A ce point de vue, les théories qui placent dans l'atmosphère terrestre le lieu d'origine des rayons cathodiques valent celles qui placent ce lieu dans l'atmosphère solaire. Que l'on admette, en effet, avec M. Brillouin, que ces rayons sont dus à la décharge des cirrus par les rayons ultra-violets du Soleil, ou avec Arrhénius, qu'ils sont provoqués par les décharges, en partie spontanées, en partie produites par les rayons ultra-violets, il y a nécessairement relation entre l'intensité et la fréquence de production de ces rayons cathodiques et celles des phénomènes solaires. Par conséquent, si les variations de la fréquence des aurores sont elles-mêmes en relation, comme les observations semblent le démontrer, avec les perturbations de l'atmosphère solaire et avec la position relative du Soleil et de la Terre, toutes les théories peuvent rendre compte de ces variations.

Si l'on cherche à établir une distinction d'après l'influence réciproque des aurores et des perturbations magnétiques terrestres, on n'est guère plus avancé, car, outre que cette influence est, comme nous l'avons dit, mal établie, il semble que les perturbations du champ magnétique terrestre dépendent elles-mêmes des perturbations de l'atmosphère du Soleil.

Dans cet ordre d'idées, M. Villard a cru pouvoir conclure au rejet des théories qui placent l'origine des rayons cathodiques dans l'atmosphère solaire ([1]), en se basant sur ce que les rayons cathodiques du Soleil ne peuvent parvenir jusqu'à la Terre, si le champ magnétique du Soleil n'est pas négligeable; mais on verra que dans une Note récente M. Störmer a rejeté cette opinion.

Il ne semble donc pas que l'on puisse encore assigner une origine certaine aux rayons cathodiques; la discussion entamée par MM. Villard et Störmer nous fixera peut-être par la suite. Toutefois, il faut reconnaître, dès maintenant, que sous le rapport de la simplicité les idées émises par M. Villard sont de beaucoup les plus intéressantes; en outre, elles donnent une explication des apparences lumineuses des aurores, dont ne se sont guère préoccupés les autres physiciens; enfin, ce qui n'est pas à négliger, elles sont confirmées par l'expérience. J. B.

Sur l'aurore boréale, par P. VILLARD (*Comptes rendus*, t. CXLII, 11 juin, p. 1330-1333). — Dans cette Note, l'auteur donne une explication des aurores boréales basée sur l'action du champ magnétique terrestre sur les rayons cathodiques qui prennent naissance dans les hautes régions de l'atmosphère.

L'explication donnée repose sur les faits suivants : Considérons le champ magnétique, de forme analogue au champ terrestre, obtenu entre deux pôles d'aimant; ce champ est de révolution, possède un plan équatorial et, dans toute direction normale à l'axe, décroît du centre à la périphérie. Supposons qu'un corpuscule cathodique soit lancé dans le plan équatorial; si le champ était uniforme ce corpuscule décrirait une circonférence et repasserait au point de départ. Par suite de la décroissance du champ de l'axe vers la périphérie, la trajectoire, d'ailleurs plane par raison de symétrie, ne se refermera pas sur elle-même et présentera une grande ressemblance avec le lieu décrit par un point extérieur à une circonférence à laquelle il est lié invariablement et qui roule sur une autre circonférence. A chaque tour se produit un décalage vers l'est si le champ est orienté comme le champ terrestre; ce résultat est aisé à prévoir géométriquement et se vérifie complètement par l'expérience. Si maintenant nous considérons un rayon cathodique oblique au plan équatorial, ce rayon, dirigé par exemple du côté nord, s'enroulera suivant une courbe rappelant l'hélice, mais avec un décalage progressif vers l'est pour la même raison que plus haut; le *tube d'enroulement* sera donc

([1]) Voici ce qu'il disait à ce propos dans sa Communication à la Société internationale des Électriciens (*Bulletin*, t. VI, p. 62) :

« Si l'aurore est produite par des particules cathodiques émanant du Soleil ces particules ne peuvent arriver à la Terre que si le champ magnétique solaire est négligeable. En effet, ce champ étant de révolution, les rayons cathodiques y produisent l'enroulement composé en zigzag formant autour du Soleil une nappe de révolution dont les points d'émission feront partie, et qui, par suite, ne pourra s'écarter du Soleil à une distance supérieure à celle de ces points.

» Le diamètre des spires d'enroulement sera lui-même négligeable devant le diamètre du Soleil (dans un champ de $\frac{1}{10}$ d'unité et pour des particules ayant la vitesse de la lumière, ce diamètre serait de 600^m environ).

» Ainsi le champ magnétique solaire est incompatible avec l'arrivée des particules cathodiques sur la Terre; l'hypothèse d'Arrhénius nous oblige donc à admettre que ce champ est sensiblement nul, ce qui est possible, vu la température élevée de l'astre.

» Supposons donc les particules cathodiques entrant dans le champ magnétique terrestre qui s'étend jusqu'au Soleil et au delà : leurs trajectoires s'enrouleront, donneront la nappe en zigzag ayant pour axe l'axe magnétique du globe et passant par le lieu d'émission, soit le Soleil.

» On pourra donc voir peut-être, très près des pôles, les extrémités de tous les faisceaux d'enroulement, mais comme, à chaque aller et retour, ils devront s'éloigner à une distance égale à celle du Soleil, s'ils ne sont pas absorbés en route, ils seront hors de l'atmosphère, dans un vide parfait, et invisibles. Comme il est certain que les aurores boréales ou australes peuvent donner des rayons qui, même à l'équateur, sont encore dans l'atmosphère terrestre, les rayons cathodiques qui les produisent ne peuvent venir directement du Soleil, à moins de perturbations magnétiques cosmiques modifiant la forme du champ et le trajet des particules. »

oblique au champ. Arrivé à une certaine distance du pôle, le pas de l'hélice s'annulera et le rayon rebroussera chemin : en effet, M. Poincaré a démontré que, dans un champ produit par un pôle isolé, un rayon cathodique s'enroule suivant une ligne géodésique et par suite revient en arrière après s'être rapproché du pôle sans pouvoir l'atteindre. Cette propriété remarquable, due à la convergence des lignes de force, est ici applicable; donc, à une certaine distance D du pôle magnétique, l'enroulement repartira vers le sud avec un décalage progressif toujours vers l'est, et le nouveau tube d'enroulement sera symétrique au premier par rapport au méridien magnétique du lieu de rebroussement. Vers le pôle sud, nouveau retour vers le nord, nouvel arrêt à la distance D du pôle, et ainsi de suite. L'ensemble de tous ces tubes d'enroulement limités de part et d'autre par deux parallèles magnétiques, formera une nappe en zigzag qui sera de révolution autour de l'axe du champ, comme l'enroulement plan considéré plus haut. — L'auteur a pu observer ces divers phénomènes avec une ampoule sphérique à rayons cathodiques placée entre les pôles coniques d'une électro-aimant de Ruhmkorff. Quand on fait varier le champ, toutes les spires diminuent de diamètre. Le décalage de chaque spire vers l'est du champ diminue dans le même rapport. Il en résulte que tous les tubes d'enroulement se rapprochent du point de départ des rayons proportionnellement à leur numéro d'ordre; d'où une rotation, plus exactement un enroulement ou un déroulement de la nappe en zigzag dont le diamètre et la longueur ne changent pas.

Voici maintenant comment ces phénomènes permettent d'expliquer les aurores boréales : Supposons qu'un cirrus électrisé négativement se décharge sous l'influence de l'ultra-violet solaire ou de toute autre cause. Il donnera un large faisceau cathodique parallèle, oblique au champ magnétique terrestre. Tous les rayons émis s'enrouleront en spires identiques et l'ensemble formera une bande lumineuse confuse ayant pour épaisseur le diamètre d'une spire (moins de 100^{m}) et pour largeur celle du nuage plus ce même diamètre. Ce faisceau se comportera comme les rayons dont il est composé et, en vertu de ce qui est dit plus haut, donnera naissance à la nappe de révolution décrite en zigzag de l'ouest à l'est et limitée par deux parallèles magnétiques. Cette nappe est représentée en planisphère sur la figure 1. La superposition partielle des faisceaux

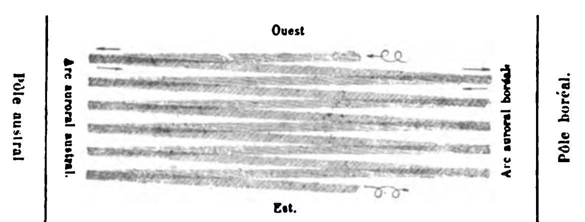


Fig. 1. — Figure schématique (planisphère) de l'enroulement cathodique auroral.

aller et retour également inclinés sur les méridiens magnétiques, donnera une série de renforcements de lumière orientés suivant ces méridiens et régulièrement disposés autour de l'axe magnétique. Ce seront les *rayons auroraux*. Si la largeur des faisceaux est telle que deux faisceaux voisins se recouvrent en partie, on aura l'*aurore en draperies*. Tous les faisceaux se terminant sur un parallèle magnétique, celui-ci constituera l'*arc auroral* à l'intérieur duquel les rayons cathodiques ne peuvent pénétrer. Sur cet arc, les spires sont plus serrées que partout ailleurs; d'où les renforcements de lumière observés à la base des rayons auroraux. Vers l'équateur magnétique les spires seront plus allongées, les faisceaux ne seront pas superposés, on ne verra presque rien. Le sens de description de la nappe cathodique étant ouest-est, l'aurore commençant dans l'hémisphère éclairé abordera l'hémisphère obscur par son bord ouest et se dirigera en zigzag vers l'est en s'affaiblissant. Les points pour lesquels le soleil vient de se coucher verront donc les faisceaux avant que les allers et retours successifs ne les aient notablement affaiblis. D'où une plus grande fréquence apparente des aurores aux premières heures de la nuit, conformément aux observations. — La rotation de l'aurore résulte d'un enroulement ou déroulement de la nappe en zigzag sous l'influence d'une variation du champ terreste. Une perturbation magnétique produisant un changement de convergence du champ, général ou local, fera varier ou déformera la parallèle qui limite la nappe aurorale, d'où un mouvement longitudinal des rayons (danse des rayons).

M. Villard est parvenu à réaliser rigoureusement tous ces aspects au moyen d'une vaste ampoule dans laquelle on produit un faisceau cathodique aussi parallèle que possible et oblique aux lignes de force d'un champ produit entre les pôles d'un électro-aimant. On voit, surtout vers les pôles, les rayons auroraux, les deux arcs auroraux nord et sud, et les renforcements de lumière à la base des faisceaux. En faisant varier le champ, on enroule ou on déroule à volonté cette aurore artificielle. En approchant d'un des pôles une petite tige de fer on déforme le champ et on réalise à volonté la danse des rayons.

Sur les trajectoires des corpuscules électriques dans l'espace sous l'influence du magnétisme terrestre, avec application aux aurores boréales et aux perturbations magnétiques, par Carl STORMER (*Comptes rendus*, t. CXLII, 25 juin, p. 1580-1583, et t. CXLIII, 9 juillet, p. 140-143). — Suivant quelques physiciens, notamment Kr. Birkeland, les aurores boréales seraient dues à des rayons cathodiques ou rayons analogues émanés du Soleil et aspirés vers les pôles magnétiques de la Terre. Si l'on considère les rayons cathodiques comme formés de corpuscules chargés d'électricité et se mouvant avec des vitesses énormes, on peut trouver analytiquement la forme de leurs trajectoires, tout au moins de façon approximative. C'est ce qu'a fait l'auteur dans un Mémoire publié en 1904 [1]; depuis il a continué ses recherches et c'est le résumé de celles-ci qui fait l'objet des Notes

(1) Sur le mouvement d'un point matériel portant une charge d'électricité (*Videnskabs-Selskabets Skrifter*, Christiana).



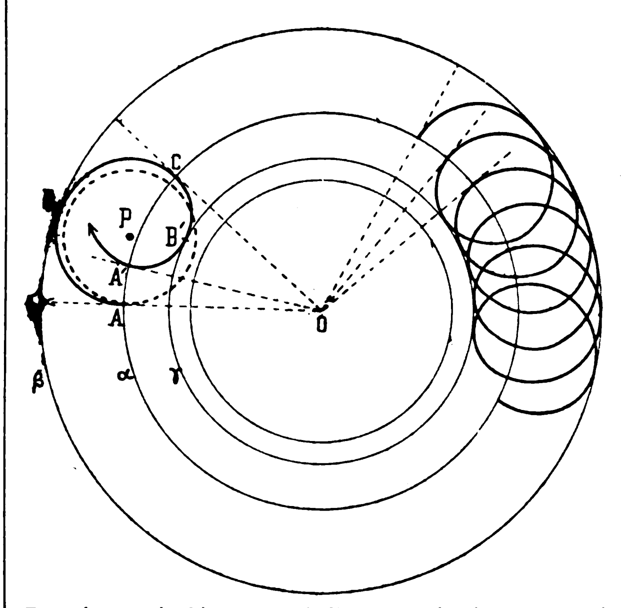
qui nous occupent. — Comme point de départ de son calcul l'auteur prend les équations différentielles des trajectoires des rayons cathodiques sous la forme

$$a\frac{d^2x}{ds^2} = Z\frac{dy}{ds} - Y\frac{dx}{ds};$$

X, Y, Z étant les composantes de la force magnétique au point x, y, z; s l'arc de la trajectoire pris comme variable indépendante; a une constante dépendant de la nature du corpuscule et de sa charge, constante qui est positive si la charge est négative, et réciproquement. Faisant ensuite remarquer qu'à de très grandes distances de la terre (10^6 km par exemple) le champ magnétique terrestre peut être considéré comme étant dû à un aimant élémentaire placé au centre de la Terre avec son axe situé le long de l'axe magnétique de celle-ci, M. Störmer simplifie le système des équations précédentes. Par une série de calculs il arrive enfin à une équation renfermant un paramètre γ et qui montre que pour toute valeur négative de γ il existe deux trajectoires, et deux seulement, passant par l'origine, c'est-à-dire par la Terre. — L'auteur a calculé ces trajectoires pour une série de valeurs de γ comprises entre 0 et -1, puis il a représenté matériellement douze d'entre elles (la Note donne une photographie stéréoscopique de ces trajectoires). La discussion des formes de ces trajectoires conduit ensuite M. Störmer à l'explication de certaines particularités des aurores et des perturbations magnétiques qui paraissent avoir quelque relation avec la position des taches solaires.

Sur l'aurore boréale, par P. VILLARD (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 9 juillet, p. 143-146). — A propos de la Note précédente de M. Störmer, M. Villard fait observer que le problème de l'aurore, déjà abordé en 1901 par M. Riecke, paraît difficile à traiter par l'analyse seule : des simplifications s'imposent qui peuvent supprimer certaines conditions très importantes et les équations peu maniables auxquelles on arrive ne mettent pas en évidence la structure rayonnée, c'est-à-dire périodique, de l'aurore boréale et sa rotation autour de l'axe magnétique du globe. D'autre part la théorie de M. Störmer suppose que les rayons cathodiques émanent du Soleil, tandis que dans la théorie de M. Villard l'origine de ces rayons est supposée se trouver dans les hautes régions de l'atmosphère terrestre. Aussi M. Villard croit-il devoir préciser quelques points de sa théorie qui établissent la structure rayonnée de l'aurore et l'impossibilité de l'hypothèse que les rayons cathodiques émanent du Soleil.

En ce qui concerne le premier point, M. Villard s'exprime ainsi : « Le phénomène essentiel du décalage de chaque spire (*fig.* 1) par rapport à la précédente, apparaît immédiatement et fait prévoir qu'un seul rayon cathodique suffira à former la totalité de l'aurore, ce qui établit, entre les divers rayons auroraux, le lien qui peut seul expliquer leur distribution périodique dans l'espace. On voit en même temps que toutes les spires, de diamètre variable avec le champ, formeront une rosace dont le diamètre moyen sera au contraire constant. On prévoit ainsi que la distance du point d'émission à l'axe sera connue si l'on peut évaluer le diamètre de l'enroulement général qui passera nécessairement par le point dont il s'agit. Une variation d'intensité du champ, modifiant le diamètre des spires et non celui de la rosace qu'elles constituent, fera évidemment varier le nombre de spires contenues dans un tour complet de l'enroulement. De là une rotation de la rosace qui s'enroulera ou se déroulera autour de



Enroulement doublement périodique dans le plan équatorial du champ magnétique terrestre.

Un corpuscule lancé suivant AV rencontre des champs décroissants et parcourt, au lieu de la circonférence P, une courbe ABC ayant un rayon de courbure maximum en B'; rencontrant ensuite des champs plus intenses qu'entre α et β, il décrit l'arc CB'A' ayant un rayon minimum en B'; d'où le décalage AA'. En A' la direction est de nouveau radiale, la vitesse est demeurée constante et une nouvelle sphère recommence. Le lieu des points AA'... est indépendant du champ.

l'axe du champ, sans changer de diamètre. Ces prévisions ont été vérifiées par l'expérience. De ce cas particulier, qui est celui d'une aurore plane contenue dans l'équateur magnétique, on passe aisément au cas général d'un rayon cathodique de direction quelconque. Au lieu d'une spirale plane on aura une nappe de révolution, décrite en zigzag par le faisceau cathodique, en vertu du décalage indiqué plus haut, décalage qui se produira également ici, et du rebroussement imposé aux hélices cathodiques par la convergence des lignes de force près des pôles.

» Le second point, l'origine des rayons cathodiques, est élucidé par les phénomènes précédents eux-mêmes, car : 1° ces rayons ne peuvent quitter le Soleil si cet astre possède un champ magnétique sensible; en effet, ils formeraient autour de l'axe de ce champ la nappe en zigzag et ne pourraient s'éloigner; 2° en tenant compte de la rotation du Soleil en 25 jours et de la valeur du champ terrestre à quelques millions de kilomètres de

la Terre, on voit aisément qu'un faisceau cathodique, tournant avec le Soleil, ne produirait qu'une aurore de durée très courte; 3° la nappe en zigzag constituant l'aurore devant contenir le lieu d'émission, c'est-à-dire le Soleil, aurait au minimum 300 millions de kilomètres de diamètre; or, même à l'équateur, les rayons auroraux ne sont qu'à quelques centaines de kilomètres du sol. Le lieu d'émission est donc nécessairement terrestre. »

Les expériences de M. Villard et sa théorie des aurores boréales, par Carl STORMER (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 10 septembre 1906, p. 408). — Dans cette Note l'auteur montre que la théorie développée dans son Mémoire de 1904 permet non seulement d'expliquer les phénomènes observés par M. Villard, mais aussi d'en prévoir d'autres que celui-ci n'a pas encore observés et qui, suivant M. Störmer, rendront douteuses les conclusions de M. Villard relatives aux aurores boréales.

Le champ magnétique utilisé par M. Villard dans ses expériences étant dû à deux pôles magnétiques égaux et opposés, le traitement analytique des équations qui correspondent à ces conditions est le même que celui des équations correspondant à un aimant élémentaire. Or dans ce dernier cas le système des équations se réduit à une équation intégrable par les fonctions elliptiques, et la discussion de cette équation conduit aux conséquences suivantes :

Si la particule est lancée dans le plan de l'équateur et si le paramètre γ dont il a été question précédemment est négatif et plus grand que 1 en valeur absolue, la trajectoire a deux branches séparées, l'une située entre deux cercles de rayons $\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 1}$ et $-\gamma - \sqrt{\gamma^2 - 1}$, et l'autre en dehors du cercle de rayon $-\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 1}$. La première branche est celle observée par M. Villard; elle a en effet la forme indiquée par la figure 1.

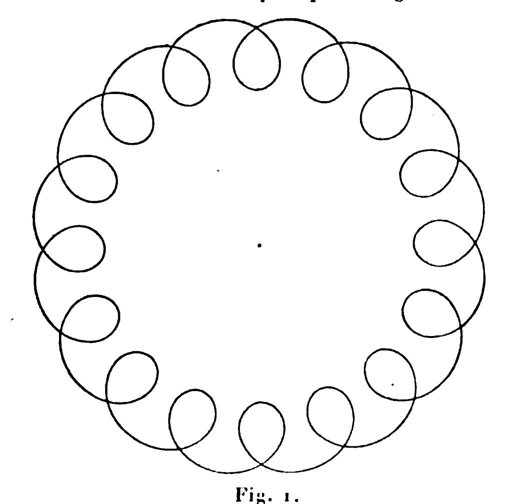


Fig. 1.

Si la particule se meut en dehors du plan de l'équateur, on trouve qu'il existe des régions de l'espace desquelles la particule ne peut sortir; lorsque $\gamma > -1$ ces régions s'étendent à l'infini : elles ne sont pas fermées; lorsque $\gamma < -1$, l'une des régions est fermée et contient l'origine : ce dernier cas est le seul observé par M. Villard; lorsque γ est compris entre -1 et 0, il y a une série de trajectoires passant par l'origine et allant à l'infini quelle que soit l'intensité du champ : il n'est donc pas exact que, comme le dit M. Villard, les trajectoires ne sortent jamais d'espaces fermés quand le champ est suffisamment intense.

« Donc, dit M. Störmer, les conclusions 1° et 3° de M. Villard ne sont pas bien fondées. Quant à la conclusion 2° il est à remarquer que la durée d'une aurore boréale dépendra de l'étendue de sa surface d'émanation sur le Soleil et ne sera pas nécessairement très courte. Ainsi la théorie de M. Birkeland ne me semble pas ébranlée par la Note de M. Villard.

DIVERS.

Observations magnétiques à Tananarive, par Ed.-El. COLIN (*Comptes rendus*, t. CXLII, 28 mai 1906, p. 1179). — Cette Note donne les résultats des mesures de déclinaison, d'inclinaison et de composante horizontale faites par l'auteur, à l'Observatoire de Tananarive, toutes les semaines de mai 1905 à avril 1906. Parmi ces résultats, nous signalerons seulement ceux relatifs aux dates extrêmes de la période d'observations :

	Déclinaison NW.	Inclinaison.	Comp. horiz.
5 mai 1905.......	9°49'41"	54°19'2"	0,25542
27 et 28 avril 1906.	9°41'0"	54°20'36"	0,25441

Les moyennes mensuelles indiquent qu'il y a eu diminution de 12' dans la déclinaison, avec maximum en mai et minimum en avril, et augmentation de 5'45" dans l'inclinaison, avec maximum en avril 1906 et minimum en septembre 1905. La variation de la composante horizontale a été de 0,00039, avec maximum en janvier et minimum en mars 1906 (1).

Sur la relation qui existe entre la résistance électrique et la viscosité des solutions électrolytiques, par P. MASSOULIER (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 23 juillet 1906, p. 218-220). — Il a été montré par divers expérimentateurs que la résistance et la viscosité des électrolytes varient dans le même sens, les variations étant du même ordre de grandeur. En particulier l'auteur a vérifié ce fait il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXX, 1900, p. 773), dans des limites plus larges que celles de ses devanciers en employant comme solvants du sulfate de cuivre des mélanges d'eau et de glycérine. Depuis il a entrepris des mesures sur des solutions de chlorure de potassium dans ces mêmes mélanges et dans l'eau épaissie avec du sucre; la Note qui nous occupe indique le résultat de ces mesures.

D'après ces résultats la variation de la résistance suit bien la variation de la viscosité; toutefois il n'y a pas proportionnalité rigoureuse entre ces variations surtout si les solutions sont concentrées.

(1) Pour les variations de la période 1904-1905, voir *La Revue électrique*, t. III, 30 juin 1905, p. 376.



Tome VI. **N° 67. — 15 octobre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

USINES ÉLECTRIQUES.

Station centrale et sous-stations du Métropolitain souterrain de New-York (¹). — Station centrale. — Cette usine d'une puissance de 90000 chevaux occupe un rectangle de 207^m de long sur 60^m de large entre les 58e et 59e, 11e et 12e avenues, la première de ces avenues se trouvant en bordure de la rivière. La charpente en acier recouverte extérieurement de briques comprend 2 travées accolées de 41^m de haut correspondant à la chaufferie et à la salle des machines. Les cheminées, actuellement au nombre de 5, mais prévues au nombre de 6, au lieu de reposer sur le sol, partent presque du toit (voir *fig.* 1); elles s'appuient seulement sur 6 colonnes traversant le bâtiment dans sa hauteur, ce qui a rendu libre dans la chaufferie tout l'espace qu'auraient pris les bases de ces cheminées et permis de loger à l'étage supérieur de la salle de chauffe, juste au-dessus des chaudières, les soutes à charbon. Les plates-formes des cheminées se trouvent à $22^m,8$ au-dessus du sol; la cheminée s'élève ensuite de $48^m,60$ au-dessus de cette plate-forme, ce qui lui donne une hauteur totale de $71^m,4$ au-dessus du sol; elle présente un diamètre extérieur de $6^m,5$ à la base et de $5^m,30$ au sommet. A la base de chaque cheminée débouchent de chaque côté 2 conduits en maçonnerie qui se partagent eux-mêmes en 2 carneaux, de sorte que la cheminée puisse desservir 12 générateurs.

(¹) La description de l'ensemble du réseau se trouve dans une autre partie du journal, au Chapitre *Traction*, p. 200.

La chaufferie, de 207^m de long sur $25^m,2$ de large, contient la place nécessaire pour 72 chaudières, dont 60 installées au début, disposées en 2 rangées longitudinales avec couloir central. Entre chaque groupe de 2 chaudières est ménagé un espace latéral permettant une ventilation bien plus efficace qu'il n'est d'usage. Ces 60 chaudières, du type Babcock et Wilcox, ont chacune 21 rangées verticales de 40 tubes et 3 corps cylindriques; la surface de chauffe effective est de 540^{m^2} par générateur. Les foyers sont plus haut que d'ordinaire afin de permettre le chargement automatique ou à la main. La moitié des chaudières, soit 30, sont chargées à la main sur des grilles de $9^{m^2},30$ de surface, les 30 autres sont à chargement automatique à grille Roney et seront alimentées avec du charbon bitumineux. On a prévu l'emploi de surchauffeurs pour l'installation entière, mais pour commencer on n'en a monté que sur 12 chaudières, 8 avec le système Rosenthal comportant 71^{m^2} de surface de chauffe par appareil et 4 avec le système Schwœrer comportant 83^{m^2} de surface de chauffe par appareil. Afin de pouvoir brûler les fines d'anthracite et le charbon, on envoie sous les foyers de l'air soufflé à la pression de 60^{cm} d'eau produit par des compresseurs actionnés directement par des moteurs à vapeur compound. Chaque ventilateur dessert normalement 3 chaudières mais peut en alimenter 6 au besoin : il suffit à la combustion de 5000^{kg} de charbon par heure.

Ainsi qu'on le voit sur la coupe de la chaufferie représentée sur la figure 1, un espace de $4^m,20$ de hauteur est ménagé au-dessus des chaudières pour les tuyauteries de vapeur. On rencontre ensuite un plancher, situé à

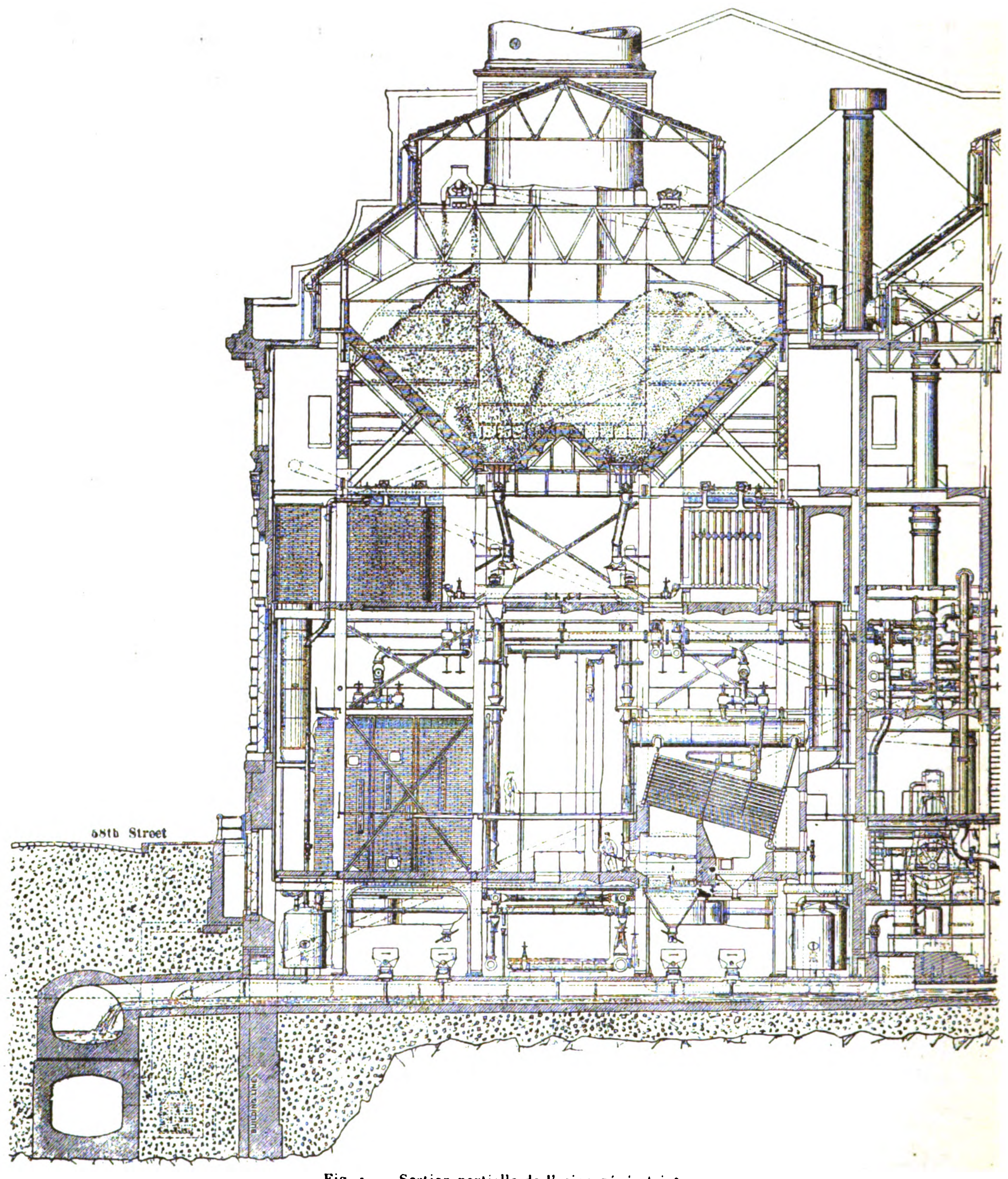


Fig. 1. — Section partielle de l'usine génératrice.

15m du sol, qui supporte un étage de tubes économiseurs de 4m,50 de haut. Les produits de la combustion des chaudières se rendent par des conduits verticaux en acier garni de briques creuses dans un carneau disposé horizontalement à l'étage des économiseurs et le carneau qui dessert 3 générateurs peut alimenter un groupe économiseur ou être relié directement à la cheminée. Les 4 carneaux desservant un groupe de 12 chaudières se réunissent en 2 conduits principaux aboutissant dans la base de la cheminée.

Le charbon est amené par bateau le long d'un quai situé au bord de la 58e avenue. Il est pris sur ce quai par une grue ou tour roulante, peut-être la plus puissante qui ait jamais été construite, qui peut se déplacer le long du quai sur 2 rails sous l'action d'un moteur électrique prenant le courant sur un trôlet. Le même moteur actionne un concasseur placé sur la tour; un second moteur électrique de 200 chevaux actionne l'appareil, élevant et déplaçant le long du mât de la grue une benne de 1m³,25. Le charbon tombe de la benne dans une trémie qui laisse passer d'un côté les morceaux suffisamment petits pour l'emploi et envoie les morceaux plus gros sur un broyeur; les 2 catégories se rejoignent dans un récipient peseur double de 2 tonnes. Le charbon broyé et pesé sur la tour est emmené par un système de convoyeurs horizontaux jusqu'à un angle du bâtiment, où il est élevé par un convoyeur Robin au sommet de la chaufferie. Là il est repris par un système de convoyeurs distributeurs qui le répartit uniformément dans des soutes à charbon situées à l'étage supérieur de la chaufferie au-dessous de la base des cheminées et au-dessus de l'étage des économiseurs (voir *fig.* 1). Le charbon tombe ensuite dans des coulottes verticales en fonte de 0m,30 de diamètre, munies de valves, à l'étage des économiseurs, soit directement dans des trémies de chute, soit sur un convoyeur passant au-dessus des trémies lorsqu'on veut changer la nature du combustible d'une chaudière (par exemple employer du charbon à grande capacité calorifique pendant les moments de forte charge et des charbons moins riches pendant les périodes de faible charge). Dans les deux cas, le combustible descend par des tuyaux de chute munis de valve et disposés de chaque côté de l'allée centrale de la chaufferie, soit dans la trémie des chargeurs automatiques, soit dans un petit réservoir placé sur le plancher de la chaufferie pour les générateurs chargés à la main.

Les cendres sont recueillies dans des wagonnets de 2 tonnes disposés sur 4 voies de 0m,60 au-dessous des foyers des chaudières, dans le sous-sol de la chaufferie. Ces wagonnets, au nombre de 24, peuvent être emmenés par une locomotive électrique de 5 tonnes à accumulateurs [1] de l'Electric Storage Battery Cº, jusqu'à un des angles du bâtiment regardant la rivière, où un élévateur Robin les monte dans un réservoir supérieur en acier de 1000 tonnes. Les cendres tombent ensuite par les 8 trémies inférieures du réservoir à cendre sur un convoyeur qui les transporte jusqu'à des coulottes déplaçables au-dessus des bateaux destinés à les emmener.

Tous les convoyeurs sont actionnés par des moteurs d'induction sans collecteurs, ce qui évite les étincelles qui pourraient être dangereuses au milieu des poussières de charbon.

L'eau d'alimentation est amenée par 3 conduites de 0m,30 de diamètre, passe dans des compteurs et va remplir des réservoirs situés dans le sous-sol au-dessous de l'allée centrale de la chaufferie où elle est partiellement chauffée par l'eau chaude provenant de la condensation des enveloppes de vapeur. Cette eau est prise dans les réservoirs par des pompes (à raison de 2 pour 12 chaudières) qui l'envoient soit directement dans les chaudières, soit dans les systèmes économiseurs.

Les collecteurs de vapeur, établis en double et pourvus de nombreuses valves permettant d'envoyer à volonté la vapeur dans les surchauffeurs et d'isoler 12 chaudières formant un groupe générateur, sont logés dans les deux allées situées en arrière des massifs des générateurs, ce qui en facilite l'accès et empêche dans une certaine mesure l'élévation de température de la chaufferie.

La salle des machines proprement dite, de 207m de long sur 23m,40 de large, occupe le centre de la ferme (accolée à la chaufferie) dont les deux côtés sont pris par deux galeries de 5m,70 de large affectées, l'une aux tableaux de distribution et l'autre, voisine de la chaufferie, aux canalisations de vapeur. Elle contient 10 groupes générateurs (avec de la place pour 12) disposés en une seule file et 5 groupes d'excitation intercalés au milieu de cette file. Au moment où les commandes de machines ont été faites, en septembre 1901, les grosses turbines à vapeur n'étaient pas encore entrées dans la pratique; c'est pourquoi l'on prit pour 9 des groupes des machines cylindriques de 8000 à 11000 chevaux chacune; le dixième groupe seulement, destiné à l'éclairage de la ligne, fut constitué par 3 turbines de 1875 kilowatts. Les groupes cylindriques du type Allis Chalmers sont constitués par 2 machines accouplées sur un arbre unique avec alternateur entre les deux; chaque machine (représentée sur la figure 2) est compound et possède 2 cylindres dont l'un à haute pression est horizontal et l'autre à basse pression est vertical. Elles ressemblent beaucoup à celles installées à l'usine de la 64e rue pour la ligne de Manhattan. Le diamètre des cylindres à haute pression est de 1m,05, celui des cylindres à basse pression de 2m,15, la course commune de 1m,50; la pression de la vapeur est de 12,25 atmosphères; la vitesse angulaire est de 75 tours par minute. La distribution se fait par valves Corliss sur la basse pression et par soupapes coudées sur la haute pression. L'inducteur de l'alternateur placé entre les machines pèse environ 160 tonnes. La consommation spécifique a été garantie de 6kg de vapeur saturée par cheval-heure au maximum pour la production de 7500 chevaux par groupe qui correspond au meilleur rendement et avec un vide de 65cm au condenseur; le groupe doit pouvoir fournir d'une manière soutenue 11000 chevaux. Chaque unité est desservie par un double condenseur à surface du type Alberger à pompe de circulation et pompe à

[1] Les accumulateurs ont été employés de préférence au trôlet qui se serait détérioré rapidement par les poussières et l'humidité en suspension dans l'air.

vide verticales toutes deux accolées l'une à l'autre et commandées par cylindres à vapeur Corliss disposés au-dessus du corps de pompe.

Les trois turbines à vapeur du système Parsons consistent chacune en 2 corps tandem fonctionnant en compound et pouvant développer ensemble 1700 chevaux; elles conduisent, à la vitesse angulaire de 1200 tours par minute, un alternateur donnant 11000 volts. Chaque

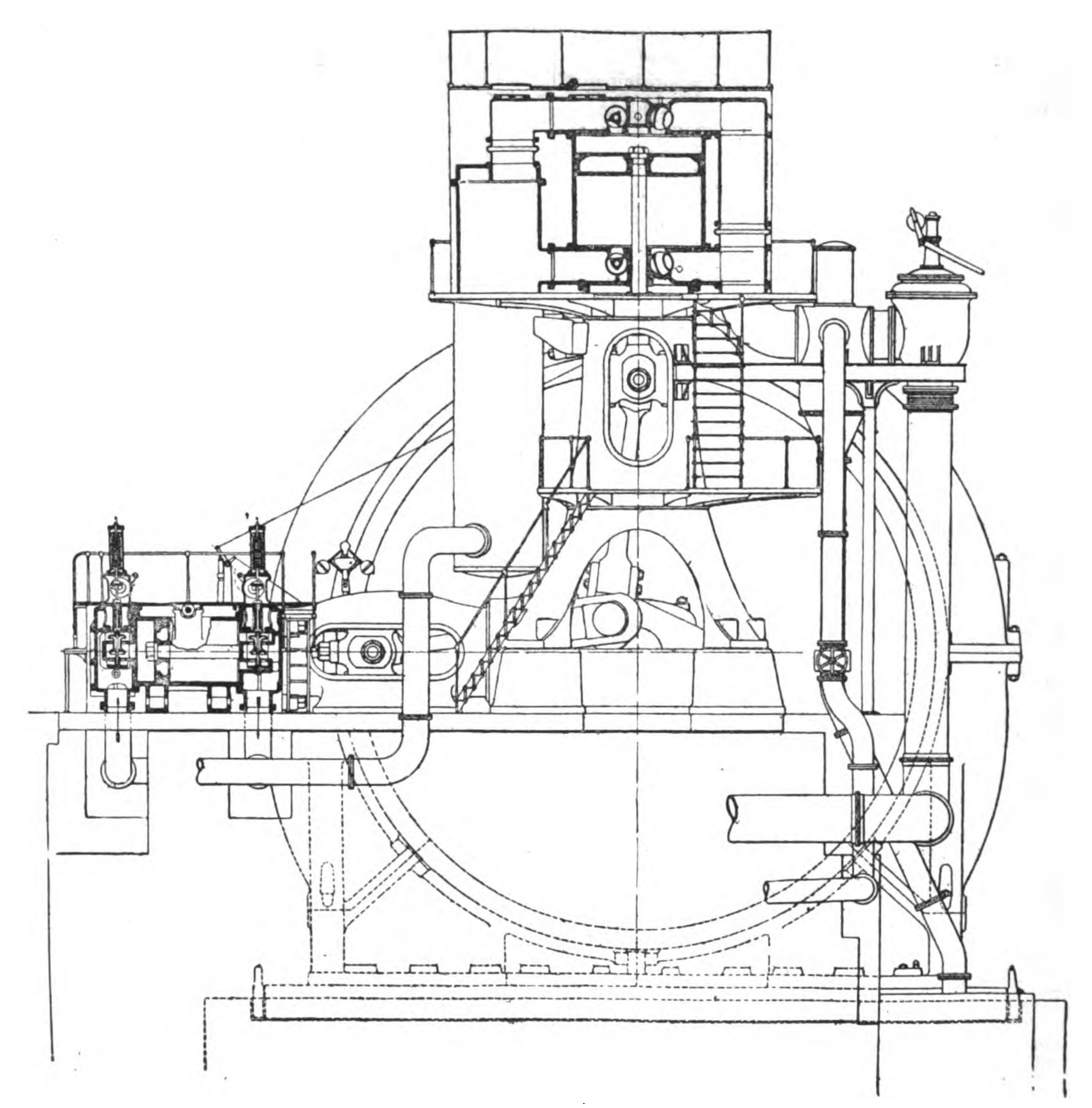


Fig. 2. — Élévation d'une des unités génératrices.

turbine est desservie par un condenseur Alberger à surface à contre-courant. Dans ce type de condenseur la vapeur d'échappement pénètre à la base de l'appareil et l'eau à la partie supérieure. Cette eau se trouve ainsi échauffée jusqu'à une température voisine de 100° et est envoyée par une pompe Duplex dans les réservoirs d'alimentation des chaudières. L'air restant après la condensation de la vapeur est refroidi dans les tubes supérieurs du condenseur, puis est aspiré par une pompe à vide à cylindres compoundés actionnée par une machine Corliss.

La vapeur arrive dans les moteurs et en sort par une tuyauterie logée sous le plancher très élevé de la salle des machines. Les 10 groupes condenseurs sont placés dans la galerie de gauche de la salle des machines contiguë à la chaufferie.

Deux groupes excitateurs sont commandés directement par un moteur à vapeur vertical Compound à

deux cylindres de $0^m,425$ et $0^m,675$ de diamètre avec course commune de $0^m,80$, n'utilisant pas la condensation afin d'éviter les chances d'arrêt. Ces moteurs pouvant donner 600 chevaux au maximum ont le meilleur rendement lorsqu'ils donnent 400 chevaux à 150 tours par minute.

Les 10 alternateurs destinés à la traction produisent du courant triphasé à 11000 volts et à la fréquence 25. Ils mesurent $12^m,60$ de haut et pèsent 440 tonnes; l'inducteur mobile a 8^m de diamètre et pèse 160 tonnes; il forme le seul volant du groupe moteur, celui-ci comportant 4 cylindres (puisqu'il y a 2 machines à 2 cylindres à manivelles calées à 90° pour conduire un alternateur), le couple moteur est très uniforme. La figure 3 donne la vue de l'alternateur. Le volant inducteur, qui fait 75 tours par minute, est constitué par un moyeu

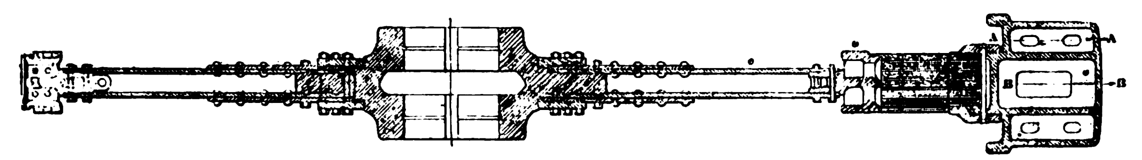


Fig. 3. — Coupe d'un alternateur suivant l'axe.

a Pôles lamellés; *b* Anneau en fer fondu; *c* Pièces en acier laminé; *d* Noyau d'armature; *e* Armature en fer fondu; *f* Couronne en acier.

en acier fondu sur lequel sont boulonnés 2 plateaux en acier laminé se prolongeant par 2 couronnes *b* entre lesquelles sont fixées les pièces polaires *a*. Ces pièces, au nombre de 40, sont formées de paquets de fer lamellé dans lesquels sont ménagés des canaux de ventilation. Les bobines inductrices excitées à la tension de 250 volts sont en barre de cuivre formant des spires isolées par de la fibre. L'induit fixé est composé d'une carcasse AB en fonte en 7 segments facilement amovibles. Entre les branches en V de cette carcasse sont serrés les paquets de tôles feuilletées dans lesquels sont ménagés des canaux de ventilation faisant face à ceux des pôles inducteurs. L'enroulement induit, constitué en barres de cuivre isolées par un fourreau et logées dans des encoches demi fermées, comprend 3 encoches par pôle et par phase, avec 4 barres dans chaque encoche. L'élévation de température ne doit pas dépasser 35° après 24 heures de marche. Le rendement garanti, sur circuit non inductif est de 0,905 à quart de charge, 0,947 à demi-charge, 0,962 à trois quarts de charge, 0,97 à pleine charge et 0,972 avec un quart de surcharge. La chute de tension de la pleine charge non inductive à la charge nulle est garantie ne pas dépasser 6 pour 100 à vitesse et excitation constantes.

Le courant d'excitation à 250 volts est fourni par 5 génératrices à courant continu de 250 kilowatts avec le concours d'une batterie d'accumulateurs pouvant fournir 3000 ampères pendant une heure. Deux de ces dynamos sont accouplées directement, comme on l'a vu plus haut, à des moteurs à vapeur de 400 chevaux. Les 3 autres génératrices sont actionnées par des moteurs d'induction triphasés de 365 chevaux travaillant à 400 volts. Ces 5 génératrices desservent, en même temps que l'excitation, les moteurs auxiliaires de l'usine.

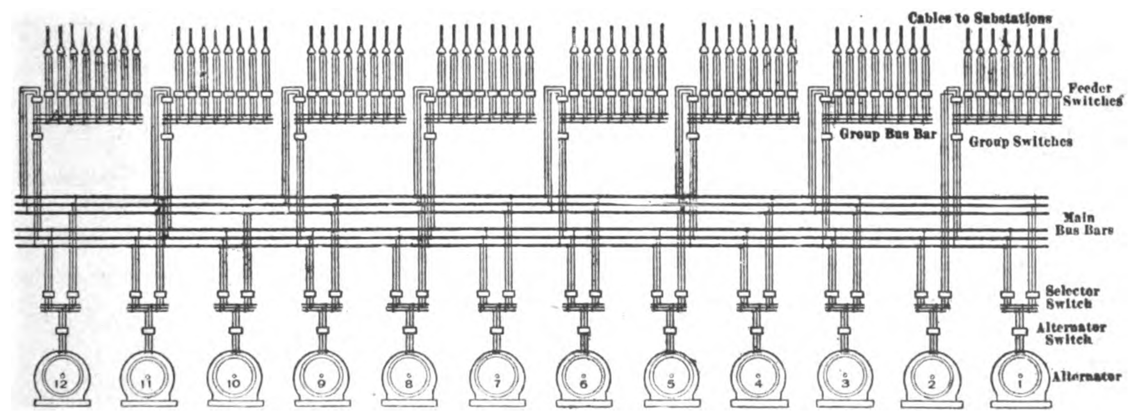


Fig. 4. — Diagramme des connexions des circuits à 11000 volts.

La figure 4 donne le schéma des appareils, la distribution à haute tension de l'usine. Les 3 câbles venant chacun des alternateurs, actuellement au nombre de 10 et ultérieurement de 12, traversent d'abord un interrupteur principal (alternator Switch), puis se rendent à un commutateur (selector Switch) permettant de relier l'alternateur à l'une ou l'autre série de 3 barres omnibus principales (main Busbars). On peut brancher sur l'une ou l'autre de ces séries de barres à l'aide d'un commutateur de groupe (group Switch) un groupe de feeders correspondant à une sous-station; chaque feeder est pourvu d'un interrupteur spécial. On a prévu l'empla-

7.

cement de 12 groupes de 8 feeders chacun pour desservir 12 sous-stations; mais actuellement il n'y a que 8 sous-stations à alimenter à l'aide de 3 feeders seulement pour chacune d'elles. Tous les interrupteurs et commutateurs sont manœuvrés à distance par de petits moteurs électriques produisant le déclenchement de ressorts puissants et rapides. Les interrupteurs d'alternateurs sont munis de relais automatiques de disjonction en cas de surcharge et d'inversion; les interrupteurs de feeders, de relais de disjonction pour surcharges.

Les appareils de distribution occupent sur plusieurs étages la galerie située à droite de la salle des machines en bordure de la 59e avenue. Au-dessous du plancher de la salle des machines se trouvent les barres omnibus montées sur isolateurs dans des compartiments en briques avec fenêtres au droit des isolateurs pour l'inspection et l'entretien. L'étage au niveau du plancher de la salle des machines est occupé par les interrupteurs à huile placés dans des compartiments en briques.

Au premier étage se trouve le tableau de manœuvre en forme d'un immense pupitre surmonté de panneaux contenant les appareils de mesure; la partie gauche est occupée par les appareils des alternateurs et la partie droite par les appareils des feeders. Les pupitres contiennent une série de petits interrupteurs destinés à envoyer dans les interrupteurs ou commutateurs le courant de commande à 110 volts fourni par un petit groupe moteur générateur et une batterie d'accumulateurs. Ces interrupteurs de commande sont reliés par des barres reproduisant fictivement les connexions réelles exécutées par les manœuvres; en outre, à chaque appareil commandé correspondent deux lampes à incan-

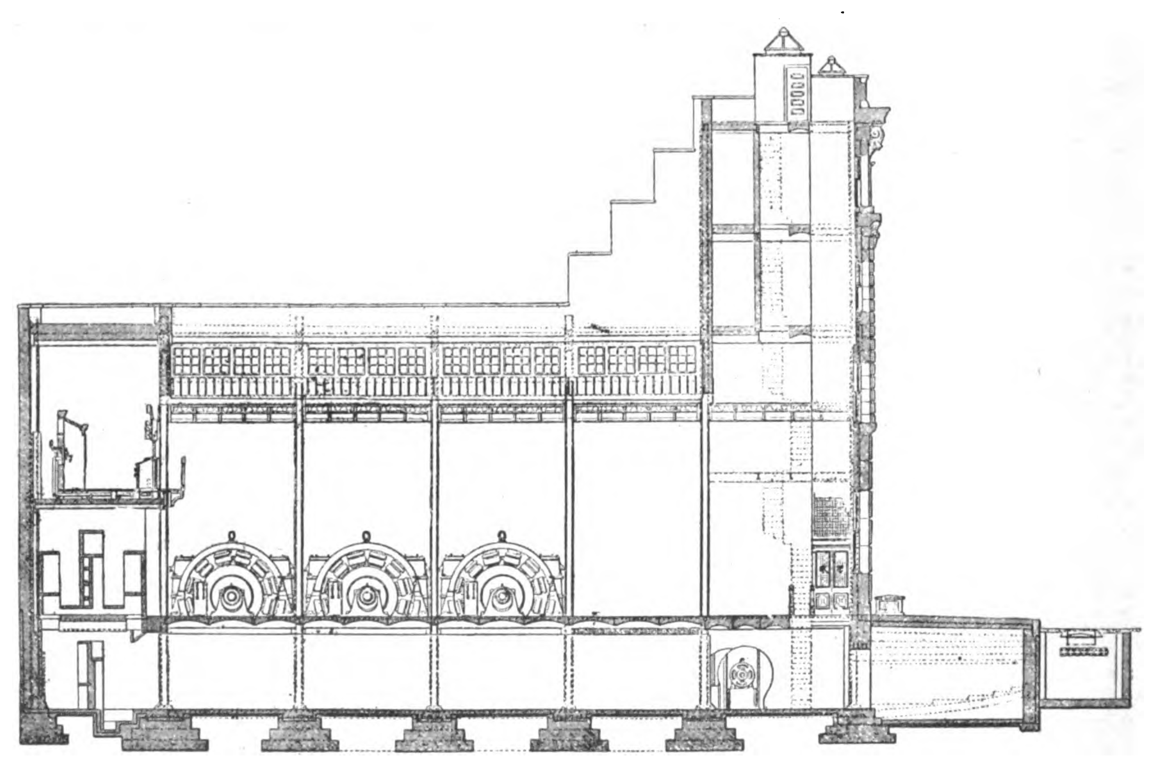


Fig. 5. — Coupe longitudinale d'une sous-station.

descence, l'une rouge s'allumant quand il est fermé et une verte quand il est ouvert; ces lampes restent éteintes si, à cause d'un dérangement quelconque, l'appareil ne fonctionne pas.

Les appareils de mesure sont disposés par rangées verticales pour le panneau des alternateurs et comprennent pour chacun d'eux trois ampèremètres (un pour chaque phase), un voltmètre, un wattmètre, un indicateur du facteur de puissance et un ampèremètre d'excitation. Un panneau au milieu est réservé aux ampèremètres mesurant les courants des circuits auxiliaires de l'usine et à des appareils de mesure étalons. Le panneau des feeders comprend une série d'ampèremètres, ceux correspondant aux divers feeders des sous-stations s'étageant de bas en haut.

Les câbles allant des alternateurs à 11 000 volts aux interrupteurs principaux du tableau sont à conducteurs simples isolés au papier et ils sont posés dans des conduits en porcelaine vitrifiée. Les câbles réunissant les interrupteurs principaux du tableau aux barres omnibus et celles-ci aux interrupteurs de feeders sont isolés au caoutchouc et supportés sur des isolateurs en porcelaine.

Éclairage de l'usine. — L'éclairage général de la salle des machines et de son sous-sol et de la chaufferie est réalisé par des rangées de lampes Nernst suspendue

au plafond ; cette disposition appliquée pour la première fois en Amérique est d'un très bel effet. Des lampes à incandescence sont disposées, en outre, près des machines, chaudières et autres endroits qui ont besoin d'un éclairage spécial.

Groupe générateur pour l'éclairage de la ligne. — La catastrophe du Métropolitain de Paris a conduit à alimenter l'éclairage des tunnels de la ligne par une source indépendante de celle de la force motrice. A cet effet, on a installé à l'usine centrale trois alternateurs de 1250 kilowatts actionnés directement par des turbines à vapeur et donnant, à la vitesse angulaire de 1200 tours par minute, du courant triphasé à 11 000 volts et 60 périodes. Les turbines à vapeur accouplées à ces alternateurs peuvent être alimentées par l'une ou l'autre des deux canalisations de vapeur de la chaufferie et par une tuyauterie entièrement distincte de celle des groupes générateurs de traction de 5000 kilowatts. Le courant à haute tension est conduit par un réseau spécial de câbles sous plomb isolés au papier à des transformateurs statiques placés dans les stations de voyageurs.

Canalisation à haute tension. — L'énergie créée à la station centrale du Métropolitain, à la 12e avenue, est conduite aux sous-stations (actuellement au nombre de huit) par des câbles sous plomb à trois conducteurs de 78^{mm^2} de section isolés par une couche de papier de 11^{mm} d'épaisseur et cordés ensemble ; ils ont un diamètre extérieur de $6^{cm},5$. Ils ont été essayés à l'usine à la tension de 30000 volts, soit au triple de la tension de marche. Ces câbles sont tirés dans des conduites carrées, en porcelaine vitrifiée, percées de quatre trous et disposées sous la chaussée des rues.

Sous-stations. — Six des huit sous-stations installées actuellement sont établies sur le même modèle que celui représenté sur la figure 5 pour contenir six groupes transformateurs de 1500 kilowatts ; deux autres peuvent contenir l'une huit groupes et l'autre dix groupes transformateurs ; de la place est ménagée dans chaque sous-station pour deux batteries d'accumulateurs. Les commutateurs et transformateurs sont disposés en deux groupes longitudinaux séparés par un couloir central. Les transformateurs du type ordinaire à huile reçoivent des courants triphasés à 10500 volts et l'envoient aux commutateurs à la tension de 390 volts ; la perte est de 2 pour 100 environ. Les commutatrices, qui n'ont pas plus de 4 pour 100 de perte à pleine charge, délivrent du courant continu à 625 volts Dans la quatrième travée du hall (*fig.* 5) se trouvent deux groupes auxiliaires, moteur-générateur, fournissant le courant nécessaire aux signaux de la ligne et le courant de commande à 110 volts des appareils de manœuvre à haute tension qui se trouvent dans une galerie latérale séparée (à gauche sur la figure 5). Le tableau de distribution à courant continu est situé devant une passerelle à l'extrémité gauche du hall principal.

Les courants à haute tension (11 000 volts) sont amenés dans la sous-station par six câbles à trois conducteurs venant d'un regard placé dans la rue en face la sous-station ; ces câbles pénètrent dans le sous-sol de la galerie latérale, se lèvent verticalement et traversent chacun un interrupteur à huile (à ouverture automatique par un relais en cas de court-circuit) avant de se rendre aux trois barres omnibus situées sur le tableau en haut de la galerie. Les trois barres omnibus peuvent être séparées par des pièces de connexion en tronçons correspondant à chacun des groupes de transformation. Les interrupteurs à huile sont manœuvrés par des moteurs électriques à 110 volts commandés du pupitre disposé en haut de la galerie et contenant des diagrammes figurés de connexions semblables à ceux de la station centrale mais plus simples.

Le tableau à courant continu comprend un panneau de fond contenant les leviers de manœuvre des interrupteurs à main des feeders de distribution et un panneau contenant les appareils de mesure, placé en face sur la passerelle de façon que l'on puisse voir l'intérieur du hall en le regardant. Une disposition, employée paraît-il pour la première fois, a consisté à loger les interrupteurs automatiques, chacun dans un compartiment en briques assez éloigné du tableau.

Le courant continu à 650 volts est envoyé dans des câbles sous plomb isolés au papier comme ceux à haute tension et logés dans des conduites en porcelaine vitrifiée, généralement disposées dans le tunnel même.

DIVERS.

Turbine hydraulique de 10000 chevaux, de Snoqualmie Falls. — L'usine électrique de Snoqualmie Falls qui utilise les grandes chutes de la rivière Snoqualmie et fournit l'énergie électrique aux villes de Seattle (40^{km}), de Tacoma ($72^{km},5$) et d'Everett ($55^{km},2$), a mis en service, à la fin de l'an dernier, une turbine à une seule roue d'une puissance de 10000 chevaux, qui est, paraît-il, la plus puissante de ce genre qui ait été construite jusqu'ici. A la vérité, il existe bien des turbines de puissance égale ou même supérieure, par exemple les turbines de 10000 chevaux de l'Ontario Power Co ou de la Canadian Niagara Power Co, et celles de 12500 chevaux de l'Electrical Development Co ; mais toutes ces turbines comportent deux rangées d'aubes montées sur un même axe.

La turbine de 10000 chevaux de Snoqualmie Falls, construite par la Platt Iron Works Co, est du type Francis, avec admission périphérique et évacuation centrale. Son arbre, horizontal, est porté à l'une de ses extrémités par un palier à rotule fixé sur le bâti de la turbine ; il traverse d'autre part la conduite d'évacuation dans un presse-étoupe et est assemblé, par un accouplement rigide, avec l'arbre de l'alternateur qui, lui, est porté par deux paliers. Un servomoteur Lombard, actionné par un régulateur à force centrifuge, règle automatiquement le mouvement des aubes directrices. Le poids de cette turbine atteint 86 tonnes.

Dans les essais cette turbine a donné 11 000 chevaux avec un rendement de 84 pour 100 ; à vide et sans régulateur, sa vitesse angulaire a pu atteindre 500 t : m, alors que la vitesse angulaire normale est de 300 t : m



TRACTION ET LOCOMOTION.

MÉTROPOLITAINS ÉLECTRIQUES DE NEW-YORK.

L'agglomération de New-York, qui contient quatre millions d'habitants, se compose, comme Londres, d'une partie centrale dénommée *presqu'île de Manhattan,* entourée d'une banlieue comprenant divers quartiers dont les plus importants sont Brooklyn et Hoboken. La presqu'île de Manhattan, dans laquelle tout le commerce est concentré, constitue la ville proprement dite de New-York, siège d'une circulation considérable. C'est en réalité (*voir* le plan de la figure 1) une sorte d'île (puisque son isthme est coupé par la rivière d'Harlem) très longue (20^{km} à 25^{km}), bordée par deux vrais bras de mer débouchant dans la baie de New-York : d'un côté, la rivière de l'Est (East-River) et de l'autre côté la rivière encore plus large d'Hudson.

En face de la pointe de l'île se trouvent, d'une part, le quartier de Brooklyn relié à Manhattan par le célèbre pont suspendu lancé sur la rivière de l'Est, et d'autre part le quartier de New-Jersey où aboutit une grande ligne du Pennsylvannia Railroad, qui va être prolongée jusque dans l'île par un tunnel, en construction sous la rivière Hudson, où l'on applique la traction électrique (¹).

On sait que la grande ligne de chemin de fer du New-York Central, dont le terminus se trouve dans l'île de Manhattan à la gare centrale (près du parc central), est en cours d'électrification actuellement, ce qui a conduit à employer également la traction électrique sur deux réseaux de la banlieue desservis par cette ligne (²).

La presqu'île de Manhattan, dont le milieu est occupé par le parc central, est couverte par un da-

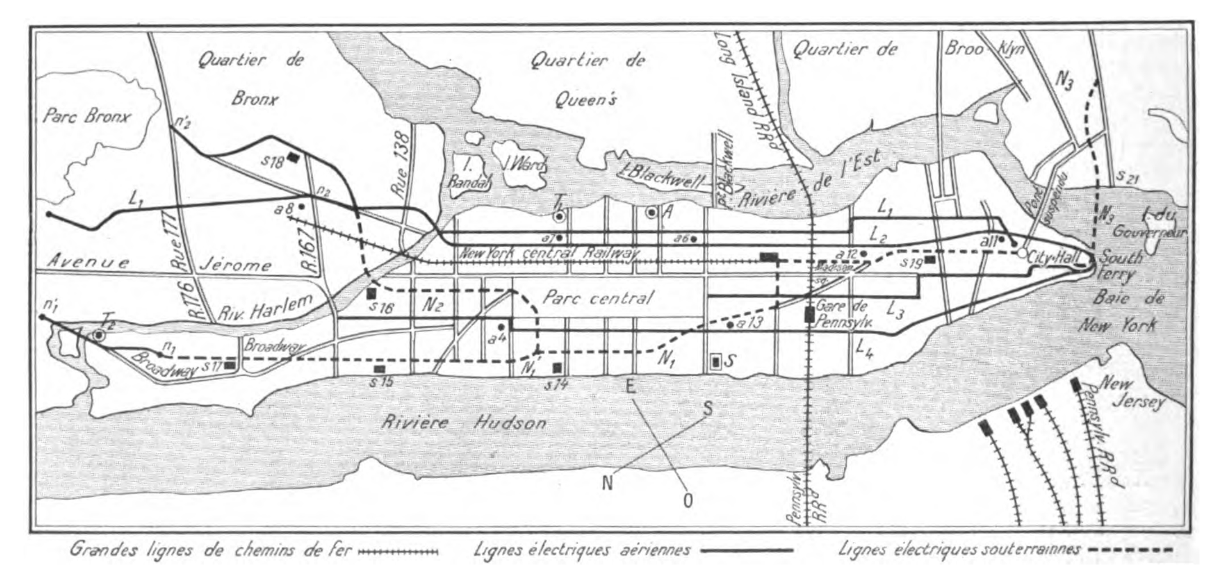


Fig. 1. — Lignes métropolitaines électriques de New-York.

mier de rues en équerre, dirigées suivant son grand axe et dans la direction perpendiculaire. Broadway, l'artère principale de New-York, présente seule quelques inflexions, tout en ayant sa direction générale dans le grand axe de l'île. Toutes ces rues sont sillonnées depuis longtemps par des tramways d'abord à chevaux, puis électriques (à trôlet) qui sont administrés par une même Compagnie, la Metropolitan Street Railway Cy de New-York. Bien que les voitures se succèdent presque sans interruption sur la plupart des lignes de tramways, celles-ci n'ont pourtant pas tardé à devenir insuffisantes pour satisfaire les besoins de la circulation, ce qui a amené la construction, en 1880, du chemin de fer métropolitain aérien (elevated) de Manhattan. Ce réseau aérien, qui présente un développement de 64^{km}, comprend quatre lignes principales L_1 à L_4 (tracées en gros trait plein sur la figure 1) disposées dans le

(¹) Nos lecteurs l'ont lu récemment dans *La Revue électrique,* t. V, 30 juin 1906, p. 368.

(²) Voir *La Revue électrique,* t. V, 30 juin 1906, p. 368.



sens longitudinal sur des viaducs établis au milieu des rues et portant souvent plus d'une voie montante et descendante; il fut d'abord exploité à vapeur. Il devint lui-même bientôt insuffisant pour assurer le transport de tous les voyageurs dans la ville, et la municipalité décida, vers 1899, de donner la concession d'un nouveau réseau de chemin de fer souterrain. La Manhattan Elevated Railway Company, de crainte de voir ses recettes baisser lorsque le métropolitain souterrain serait construit, prit les devants et entreprit la substitution, sur son réseau aérien, de la traction électrique à la vapeur, de manière à en augmenter la capacité de transport. La concurrence financière prévue ne s'est d'ailleurs pas produite parce que la société concessionnaire du réseau souterrain, l'Interborough Rapid Transit Company, a racheté ensuite le réseau aérien du Manhattan Elevated Railway (¹).

L'électrification du Manhattan aérien a été achevée à la fin de 1902 et a donné d'excellents résultats. La capacité de transport a été accrue d'à peu près 30 pour 100 et les frais de traction ont notablement diminué.

Nous ne décrirons pas l'installation du réseau aérien de Manhattan, sur laquelle des détails ont été donnés dans les périodiques au moment de son électrification. Nous rappellerons seulement que la prise de courant se fait par troisième rail à la tension de 500 volts et que le réseau est desservi par une très grosse usine centrale (édifiée en A sur le bord de la rivière de l'Est, non loin de l'usine centrale des tramways de la Metropolitan Street Railway Company) contenant huit groupes générateurs triphasés de 5000 kilowatts (soit au total 64000 chevaux). Le courant triphasé à 11 000 volts produit à l'usine centrale est conduit par des câbles isolés, logés dans des conduites en poterie vitrifiée établies sous la chaussée, dans sept sous-stations à commutatrices marquées a_4, a_6, a_7, a_8, a_{11}, a_{12} et a_{13}. Quant à l'installation du réseau souterrain, le « Subway », elle est encore incomplète et, comme nous aurons très certainement l'occasion d'en parler ici au fur et à mesure qu'elle se terminera, une description un peu détaillée de la partie actuellement achevée nous a paru nécessaire.

MÉTROPOLITAIN SOUTERRAIN.

SITUATION. — Le réseau métropolitain de 32^{km} de long, concédé en 1899 à l'Interborough Rapid Transit Company et qui est presque entièrement souterrain, comprend trois lignes : 1° une ligne principale $NN_1n_1n'_1$, de $21^{km},6$ de long, traversant l'île de Manhattan dans toute sa longueur; cette ligne, qui suit Broadway, est souterraine sur presque toute sa longueur jusqu'au point n_1, vers l'extrémité de Broadway, où elle devient aérienne sur le court parcours $n_1n'_1$, pour traverser la rivière Harlem sur un pont; 2° un embranchement $N'_1N_2n_2n'_2$ de $11^{km},2$ de long qui se détache de Broadway près de la 103ᵉ rue, passe sous l'angle du parc central puis sous l'avenue Lenox, traverse en souterrain la rivière Harlem, puis devient aérienne à partir du point n_2 (après $6^{km},5$ de souterrain) dans la portion $n_2n'_2$ de $4^{km},7$, pour finalement atteindre le parc Bronx; 3° une ligne NN_3, partant de City Hall, prolongera la ligne principale de 6^{km} environ jusqu'au quartier de Brooklyn, en passant sous la rivière de l'Est à côté du bac du Sud (South Ferry).

On a inauguré, à la fin de 1904, la moitié la plus intensive de la ligne de Broadway, depuis City Hall à l'extrémité de Manhattan jusqu'au point de bifurcation N'_1, voisin du Central Park et aussi la moitié la plus intensive de la seconde ligne de Bronx-Park du parc central N'_1 à la rivière de Harlem. Les deux moitiés extrêmes de ces deux lignes ainsi que la troisième ligne sont maintenant en cours de construction.

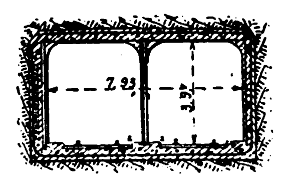
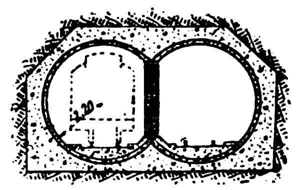



Fig. 2 et 3. — Sections des tunnels.

Ces lignes comportent toujours deux voies, une d'aller et une de retour, placées côte à côte dans un même tunnel en maçonnerie (*fig.* 2) et, en certains points, quatre voies, dont deux affectées à des trains express ne s'arrêtant qu'en quelques points et deux autres pour les trains omnibus. Sous la rivière Harlem les deux voies du tunnel sont disposées dans deux tubes de fonte de $2^m,20$ de diamètre et de $0^m,15$ d'épaisseur, accolés verticalement suivant un pilier renfermant les conduites des câbles (*fig.* 3). Sous la rivière de l'Est les deux voies sont placées dans deux tubes de fonte complètement distincts.

DISTRIBUTION DU COURANT. — La distribution du courant au métropolitain souterrain se fait par une usine centrale S, située sur le bord de la rivière Hudson, encore plus grande que celle du réseau aérien, puisqu'elle peut fournir 80 000 chevaux pour la force motrice et 8000 chevaux pour la lumière.

(¹) Il existe encore à Brooklyn une grande Société, la Brooklyn Rapid Transit Cy, qui exploite un réseau très important de tramways électriques à niveau du sol et de lignes aériennes électriques. Enfin on trouve encore dans la ville de New-York un service d'omnibus et voitures électriques organisé par la New-York Transportation Company.

Le courant triphasé de 11 000 volts, produit dans cette usine centrale par 9 groupes électrogènes de 5000 kilowatts, est transformé en courant continu à 500 volts dans 9 sous-stations s_{14} à s_{22} réparties en différents points du Manhattan, sauf une à Brooklyn [1].

Les feeders, à câbles isolés sous plomb, qui amènent le courant continu des sous-stations, sont logés dans des conduites en porcelaine vitrifiée à quatre trous, disposées sous les quais, dans les stations et dans les tunnels suivant une pile logée dans un mur latéral de la voûte (comme en *fig.* 4). De distance

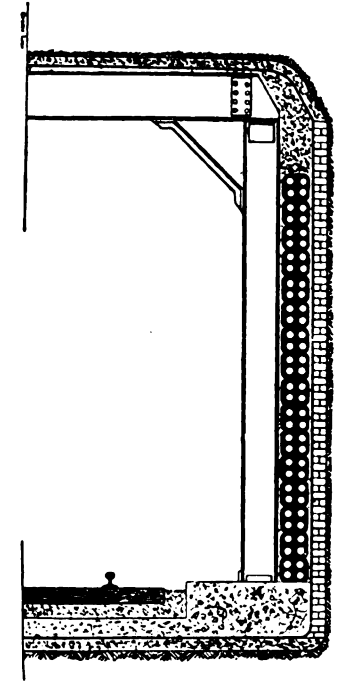


Fig. 4. — Disposition des conduites de câbles.

en distance les conduites sont interrompues et posées (avec interposition d'amiante pour éviter la propagation de la combustion en cas de courts-circuits) sur des crochets dans une sorte d'armoire fermée par un rideau métallique à tambour. C'est par ces armoires jouant le rôle de regard que les câbles sont tirés; de là partent des câbles isolés fixés directement sous la voûte du tunnel par des tasseaux. Ces câbles sont réunis en des points convenables à des sections du rail conducteur après avoir traversé un interrupteur de section enfermé dans une boîte adossée à un pilier du souterrain.

Le rail conducteur, ou troisième rail, a son patin

(1) Nous avons donné ci-dessus, page 193, la description de cette énorme installation productrice d'énergie électrique.

(*fig.* 5 à 7) pris dans une ferrure qui repose de distance en distance sur des isolateurs (non représentés sur la *fig.* 5) fixés sur les traverses de la voie. Les tronçons du rail conducteur sont réunis par deux connecteurs en bande de cuivre rouge posés l'un sur l'âme et l'autre sous le patin; les rails de roulement sont réunis par des éclisses massives accompagnées d'un connecteur en cuivre rivé sous le

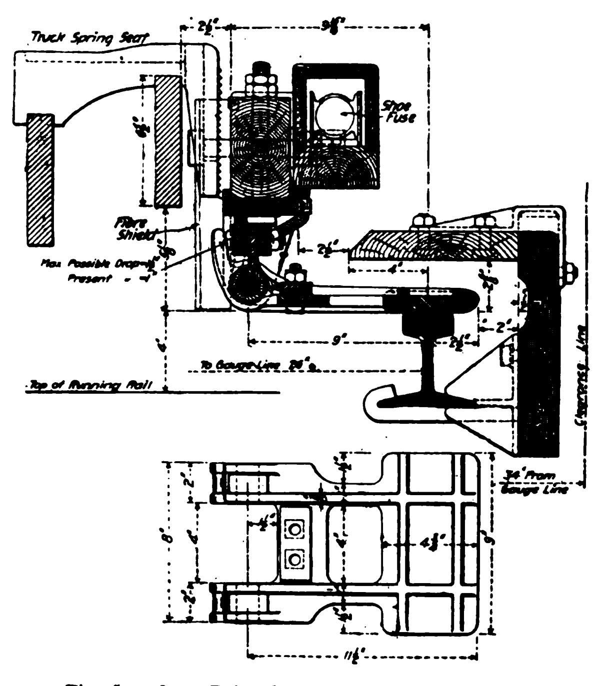


Fig. 5 et 6. — Prise de contact et troisième rail.

patin. Le rail conducteur est protégé par une planche qui le surplombe (comme le montre la *fig.* 5).

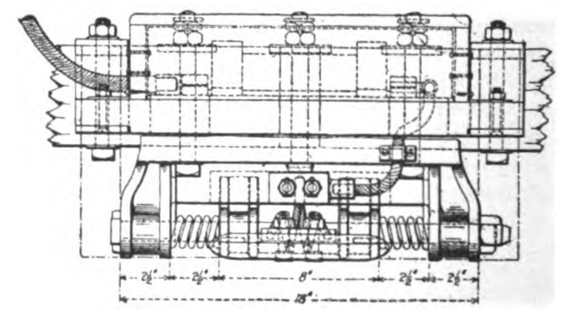


Fig. 7. — Prise de contact.

Les détails de la prise de courant sont donnés sur les figures 5 et 7. Cette prise de courant se fait par un frotteur horizontal pivotant autour d'un axe horizontal muni de deux ressorts qui lui donnent une

pression de contact verticale suffisante. L'étrier supportant l'axe du pivot est monté sous un bloc de bois fixé lui-même contre le milieu du longeron inférieur du bogie; le courant est amené par un câble souple à un plomb fusible (shoe fuse) logé dans une boîte fixée sur le même bloc de bois. Ce câble souple fait un tour sur l'arbre, de manière à ne pas être coupé par les trépidations verticales de la marche. On remarquera sur la figure 6 (vue en plan) que le frotteur est constitué par une semelle reliée aux tourillons d'axe par deux bandes de faible section qui se rompent facilement si le frotteur rencontre un obstacle quelconque; on en est quitte pour remplacer le frotteur et l'on évite de fausser l'axe et son support. Il y a quatre frotteurs par voiture.

Matériel roulant. — Les premières voitures ont été construites avec une caisse en bois; on les a faites ensuite avec des caisses entièrement métalliques (dont la carcasse est en acier) et qui ne contiennent à l'intérieur que très peu de pièces en bois toutes ignifugées (1).

Les canalisations des voitures établies en câbles isolés au caoutchouc, essayés 5 minutes à 2500 volts, sont toutes enfermées dans des tubes en fer émaillé, coupés et courbés en longueur convenable pour pouvoir être fixés sous le châssis (2).

Les voitures qui mesurent 15^{m},30 de long, soit 1^{m},20 de plus que celles du Manhattan, sont du type ordinaire à couloir central et plates-formes en bout avec lanterneau supérieur et baies latérales s'ouvrant seulement dans la moitié supérieure. Elles sont supportées par 2 bogies à 2 roues et sont munies du frein à air comprimé Westinghouse produit par des compresseurs électriques Christensen. Chaque voiture comporte 52 sièges.

Les trains qui comprennent 2 ou 3 motrices sont commandés par le système Sprague à unités multiples. Les voitures motrices portent chacune 2 moteurs de 200 chevaux. Les contacteurs, les résistances, le disjoncteur automatique, l'inverseur sont disposés dans des boîtes fixées sous le châssis.

Les plates-formes des voitures motrices présentent une disposition particulière. Elles possèdent deux portes latérales coulissantes qui, dans toutes les voitures, sauf celle de tête, laissent toute leur surface disponible pour l'entrée et la sortie des voyageurs; deux armoires fermées contenant l'une les appareils de marche (petit combinateur et robinet du mécanicien du frein Westinghouse) et l'autre les interrupteurs du circuit principal et des circuits d'éclairage et de chauffage et les plombs fusibles.

La cabine du mécanicien est simplement constituée par une partie de la plate-forme avant de la première voiture que l'on isole en développant à moitié les deux portes de la plate-forme et en les assujettissant par une barre.

Les trains omnibus, qui circulent sur 2 voies spéciales, sont composés de 5 voitures, dont 3 motrices, et se succèdent souvent à une minute d'intervalle. Les trains express, qui circulent sur 2 autres voies distinctes, et sont constitués par 8 voitures, dont 5 motrices, partent généralement à 2 minutes d'intervalle; ils absorbent 2000 chevaux chacun, en raison de leur vitesse élevée, bien supérieure à ce qui avait été atteint jusqu'à présent dans les chemins de fer métropolitains.

Éclairage et signaux. — L'éclairage du tunnel et des gares est assuré par un réseau de lampes à incandescence entièrement indépendant du réseau de traction. Toutefois, dans chaque station, une dizaine de lampes sont alimentées par le réseau de traction afin de ne pas avoir l'obscurité complète en cas de rupture dans le réseau d'éclairage. Dans chaque station se trouve un avertisseur dont la manœuvre produit l'ouverture de tous les disjoncteurs de la section intéressée et de la ou des sous-stations qui lui délivrent le courant en même temps que des sonneries se font entendre dans lesdites sous-stations et dans les bureaux du service des trains. La marche des trains est contrôlée automatiquement par le système de signaux électropneumatiques Westinghouse.

J. Blakstone.

JOINTS MÉCANIQUES.

Les joints mécaniques des voies de tramways électriques urbains, par Max BUCHWALD (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 28 juin 1906, p. 606-609). — L'auteur, avant de faire la description critique des divers systèmes de joints mécaniques employés actuellement en Allemagne, sur les lignes de tramways électriques, fait remarquer que les conditions sont bien différentes suivant que les voitures se succèdent toutes les minutes ou demi-minutes, ou bien toutes les 10 minutes. Des solutions qui peuvent convenir dans le dernier cas ne sont plus bonnes dans le premier cas, qui est celui considéré dans l'étude.

Les joints des tramways urbains se détériorent beaucoup plus vite que ceux des chemins de fer, non seulement parce que la circulation y est bien plus intense,

(1) Cette construction n'offre pas par elle-même une garantie complète contre les dangers d'incendie, puisque M. Dubois (Voir *Revue électrique*, t. V, 30 juin 1906, p. 369) a vu en Amérique, à l'automne 1905, une de ces voitures disloquée complètement par le feu qui avait pris dans la cabine (par suite d'un court-circuit) et avait gagné la caisse. M. Dubois a fait remarquer que la précaution la plus utile consiste à isoler complètement la cabine de manœuvre par des revêtements en amiante et tôle.

(2) Afin d'éviter que les câbles se coupent à la sortie des tuyaux, ceux-ci sont munis à leurs extrémités d'une douille filetée à bords arrondis.

mais aussi parce que les éclisses sont difficilement surveillées à cause du pavage et sont bien souvent trop faibles; et encore parce que la plate-forme sur laquelle reposent les rails est généralement plus dure et moins élastique. On doit donc chercher, sur les voies de tramways, à réduire le nombre de joints en employant des rails de grande longueur, 15^m par exemple.

Un bon joint de tramways ne doit, au passage des voitures, donner lieu à aucune oscillation appréciable verticale de l'ensemble des deux abouts de rails ni à aucune différence de hauteur d'un rail par rapport à l'autre. Si ces deux conditions ne sont pas remplies, il se produit des cisaillements dans les éclisses et du laminage sur les têtes de rails et le joint est rapidement détérioré.

Pour cette raison, les joints avec rails bout à bout et éclisses latérales plates en U ou en Z, telles qu'on les employait sur les tramways à chevaux, ne conviennent pas du tout sur les tramways électriques. Il est nécessaire d'avoir un recouvrement ou un soutien des sections de rails en contact, ou les deux dispositions à la fois.

Le recouvrement obtenu simplement par des éclisses latérales serrant les abouts de rails coupés verticalement à 45° par rapport à leur longueur n'offre pas une solidité suffisante; l'expérience dira si ce procédé, sur lequel on a tenté dernièrement de nouveaux essais en y apportant certains perfectionnements, arrivera à donner des résultats satisfaisants.

Le recouvrement obtenu par des éclisses ordinaires latérales serrant un assemblage à cuillère des deux bouts de rails, tel que celui représenté en plan sur les figures 1 et 2 (où la moitié de l'âme et une moitié de la grosse tête du rail à gorge sont enlevées sur chaque rail), n'a

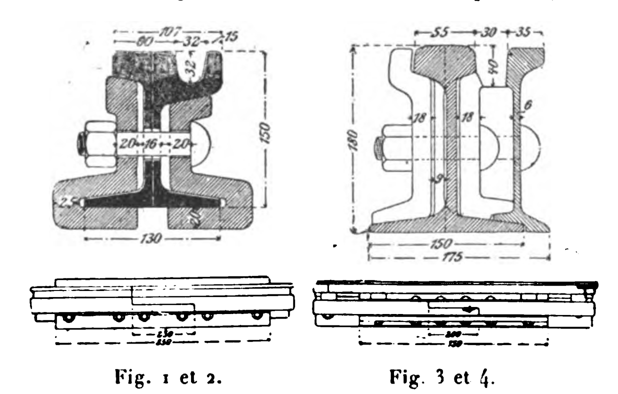


Fig. 1 et 2. Fig. 3 et 4.

pas non plus une solidité suffisante, à moins qu'il ne s'agisse de rails en deux parties, ce qui permet de renforcer les pièces d'éclissage, comme il est indiqué sur les figures 3 et 4 représentant un joint de ce genre type Haarmann. On en est vite arrivé à employer, pour les joints à feuillures, des éclisses à semelles (le joint est alors à appui en même temps qu'à recouvrement) telles que celles représentées sur les figures 1 et 2, mais celles-ci ne donnent de bons résultats que s'il y a un contact intime entre les demi-patins de rails et les semelles.

Le procédé de recouvrement à encoche, représenté en élévation sur la figure 5 et en plan sur la figure 6 consiste à placer les deux rails bout à bout, mais à faire dans la grosse tête du rail (située à gauche sur la figure 5 et en avant sur la figure 6) une entaille d'une certaine longueur dans laquelle vient se loger une languette de forme correspondante faisant corps avec l'éclisse de gauche (*fig.* 5) tandis que l'éclisse de droite ordinaire n'entame pas la tête des rails. Si ces deux éclisses se terminent au-dessus du patin (contrairement à ce qu'indique la figure 5), le joint ainsi obtenu n'a pas une résistance suffisante; c'est ce qui a conduit à faire usage d'éclisses à semelles telles que celles de la figure 5 (le joint est alors à appui en même temps qu'à recouvrement) (1).

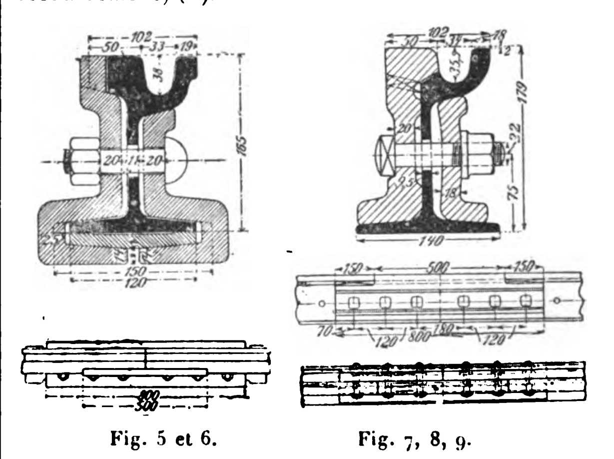


Fig. 5 et 6. Fig. 7, 8, 9.

Ces joints à feuillures ou à entailles ne donnent pas encore des résultats absolument satisfaisants, surtout si le métal est un peu mou et si la plate-forme est dure.

Au contraire, des résultats excellents ont été obtenus avec le joint à recouvrement type Melaun dont les premiers essais datent de 1901 et 1903 et qui prend actuellement un grand développement en Allemagne. A Berlin, notamment, les résultats ont été si bons qu'on en installe maintenant 30000 pièces sur des voies existantes et qu'on en fait usage sur 40^{km} de voies nouvelles en construction. Le joint Melaun, représenté en section, vue de côté et plan sur les figures 7, 8 et 9, est un joint à encoche perfectionné, dans lequel les deux rails sont posés bout à bout, mais dans lequel on enlève sur une certaine longueur, non seulement une moitié environ de la grosse tête (de gauche) du rail à ornière, mais cette tête *tout entière* (*fig.* 7). Le fond de la gorge du rail se trouve alors serré entre l'extrémité supérieure de l'éclisse latérale ordinaire de droite et la tête de l'éclisse de droite; ces deux éclisses ayant en outre de très fortes sections comparées à celles du rail, on obtient un joint aussi résistant que le rail et qui ne donne lieu à aucun mouvement vertical ou de cisaillement. Grâce à sa grande fermeté, le joint Melaun se comporte très bien dans les raccords de courbe où la fatigue est plus grande que dans les joints en alignement droit. On

(1) La figure 5 comporte en outre une cale entre les patins des rails et les semelles des éclisses, ce qui rend meilleur le serrage des surfaces en contact.



peut employer le même procédé Melaun pour réparer des points défectueux d'un rail en faisant sauter la partie avariée de la tête du rail et en la rapiéçant en quelque sorte. Le joint Melaun n'exige le dépavage que sur une longueur de 1m,20 et une largeur de 0m,20. L'abattage de la grosse tête du rail et le planage de la surface supérieure du joint sont effectués à l'aide de deux fraises électriques montées sur chariots roulant sur la voie et prenant leur courant sur la ligne de trôlet. La dépense de courant prise par un joint est de 0fr,307, correspondant à 2,74 kilowatts-heures coûtant à Berlin 0fr,112 le kilowatt-heure. Le fraisage de la tête du rail prend 25 minutes; la pose du joint, y compris l'arasage final, demande 35 autres minutes. Quand il s'agit de voies neuves on emploie le même acier pour les rails et pour les éclisses; dans le cas de joints exécutés sur des voies existantes où l'acier des rails peut être différent de celui de la tête rapportée de l'éclisse, on n'a pas constaté de dénivellation à l'endroit de l'encoche.

Le procédé de joint bien connu Goldschmidt, à l'aluminothermie (¹), applicable aux voies neuves, et consistant à souder entre elles les extrémités de rails fortement pressées bout à bout, peut être considéré comme une sorte de joints à recouvrement. Si la soudure est bien faite elle offre une résistance égale à celle du rail. Toutefois ce procédé a l'inconvénient d'être plus coûteux que les joints à éclisse; en outre, il n'est pas encore démontré que le fait de ne pas permettre la dilatation du métal n'est pas sans inconvénient.

Les systèmes suivants appartiennent à la catégorie des joints soutenus (sans recouvrement).

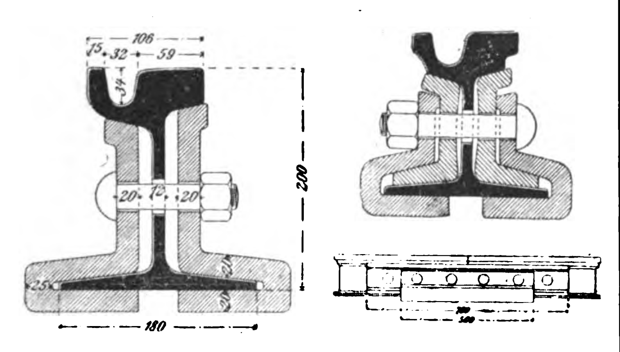


Fig. 10. Fig. 11 et 12.

Les éclisses ordinaires à semelles ont généralement 760mm de long et sont réunies par 6 boulons. La figure 10 montre un joint de ce genre appliqué sur les rails les plus lourds qui aient été employés pour des tramways (61kg au mètre). Le joint se fait sous un angle de 80° environ. On fait entrer à force le rail dans les fentes des semelles d'éclisses en le frappant avec un lourd marteau. Néanmoins il n'y pas toujours un contact suffisant entre le patin du rail et les semelles qui alors ne remplissent qu'imparfaitement leur rôle de soutien, comme on l'a constaté sur le réseau des grands tramways de Berlin.

(¹) La description assez détaillée de ce procédé a été donnée dans *La Revue électrique*, t. IV, 30 nov. 1905, p. 314.

On peut rendre plus intime le contact du patin du rail et des semelles par l'interposition d'une cale entre ces deux parties, comme en figure 1.

Les figures 11 et 12 représentent, en section et vue de côté, l'éclissage spécial à semelles de la Société pour l'Industrie de l'acier de Bochum. Il se compose de deux éclisses latérales ordinaires, sans semelle, percées de 6 trous, et sur lesquelles sont appliquées deux pièces latérales un peu moins longues (à 4 trous) à semelle formant appui sous les rails appliqués bout à bout. Quoique avec cette disposition les surfaces d'appui des abouts de rails soient réduites, il faut encore une grande précision dans le contact de ces surfaces. Sinon, il y a des cisaillements des 4 boulons intermédiaires, qui d'ailleurs ne travaillent jamais dans de bien bonnes conditions parce qu'ils se trouvent très hauts par rapport aux semelles.

Dans le joint des Hörder Bergwerks und Hütten-Verein, représenté en section sur la figure 13 et de côté

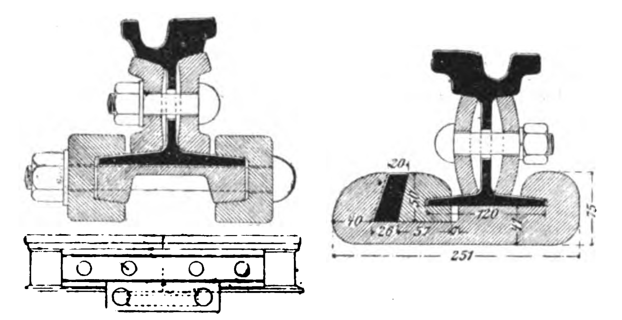


Fig. 13 et 14. Fig. 15.

sur la figure 14, les boulons travaillent dans de bonnes conditions et il y a un bon contact entre les patin des rails et la semelle rapportée sous le joint. Cette semelle est maintenue serrée par de longs boulons horizontaux entre deux courtes pinces en U très massives. Les deux bouts de rails sont serrés par l'âme sur une plus grande longueur par deux éclisses latérales ordinaires sans semelle et également très massives. Ce joint donne des résultats satisfaisants quoique n'offrant pas tout à fait vers le bas le même moment résistant que le rail.

La figure 15 représente le joint Scheinig employé à Cracovie. Il se compose de deux éclisses ordinaires latérales sans semelle et d'une forte semelle enfoncée à chaud et à l'aide de la cheville visible à gauche. Malgré ses fortes dimensions, il est douteux que ce joint offre une résistance suffisante pour un service intensif de tramways; en outre il est encombrant. Il vient, d'après une communication du Dr Steiner, d'être perfectionné par l'emploi de deux chevilles au lieu d'une, avec interposition d'une feuille mince de zinc entre le patin du rail et la semelle pour augmenter la conductance du joint.

Le joint des Aciéries de Westphalie à Bochum, représenté sur la figure 16, présente une grande résistance, mais il est un peu compliqué avec ses 12 boulons verticaux qui doivent être tous parfaitement serrés.

Le joint bien connu de Falk (¹), qui consiste à souder les bouts de rails en les enrobant dans une masse de fonte coulée, comme le représente la figure 17, peut être considéré comme un joint appuyé. Il offre une grande résistance mais présente la même particularité que le joint Goldschmidt de ne pas permettre la dilatation du métal.

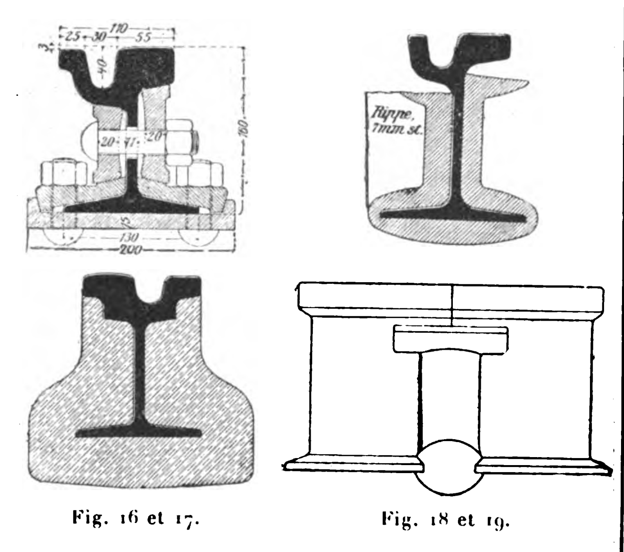


Fig. 16 et 17. Fig. 18 et 19.

On a constaté sur les tramways de Berlin que les joints Falk se rompaient quelquefois à la soudure ou que les rails se dessoudaient et surtout qu'ils provoquaient les ruptures de roues, tant à cause de la dureté donnée au métal par la fonte que du manque de dilatation.

Le joint Goldschmidt sans soudure des rails et qui consiste à entourer les deux bouts de rails d'une masse de fonte coulée par aluminothermie, comme en figure 18 (section) et 19 (vue de côté), constitue également un joint appuyé. Il est employé sur des voies déjà posées. Il donne de bons résultats sous les réserves déjà faites au sujet du manque de dilatation.

FREINAGE DES VOITURES DE TRAMWAYS.

Le développement des renseignements publiés sur cette question dans deux récents numéros (¹) nous faisait penser que nous n'aurions pas à y revenir de sitôt. Nos prévisions se trouvent démenties par une Communication faite à Leeds le 19 septembre dernier à la cinquième réunion annuelle de la Municipal Tramways Association, par M. Mozley, directeur des tramways municipaux de Burnley, et par la publication dans le *Street Railway Journal* de divers dispositifs de freinage que nous décrirons dans un prochain numéro.

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. IV, 30 nov. 1905, p. 314.

Essais de freinage, par HENRI MOZLEY (*Electrician*, t. LVII, 21 septembre 1906, p. 899-903). — Ces essais ont été faits sur un tronçon présentant entre ses points extrêmes une différence de niveau de 102^{m} bien que sa longueur ne dépasse guère 1800^{m} et la pente atteint en certains endroits 1 : 9,8. Les voitures qui y circulent sont, précisément par suite du profil accidenté du réseau, équipées de 4 moteurs; elles pèsent près de 15 tonnes à vide et de 18 tonnes en charge.

Le premier frein expérimenté fut le frein Newell; il ne donna pas satisfaction et fut abandonné.

Un frein électromagnétique Thomson-Houston fut mis en service pendant 5 mois. D'après les essais faits par les soins de la British Thomson-Houston Co, pour maintenir la vitesse entre 17 et 20 km-h sur la pente en question, l'intensité du courant de freinage était d'environ 24 à 47 ampères sous une tension de 200 à 550 volts; toutefois des intensités de 90 ampères et des tensions de 800 volts furent parfois relevées. Dans des essais faits par l'auteur et où les intensités et tensions étaient mesurées toutes les 5 secondes, l'intensité moyenne atteignit 47 ampères et la tension 584 volts. Trois armatures de moteurs ayant été brûlées pendant les essais, bien qu'après le second accident les résistances aient été modifiées par le constructeur, ce frein ne fut pas adopté.

Des mesures faites avec un frein électromagnétique Westinghouse montrent que les intensités et tensions étaient encore plus élevées qu'avec le frein Thomson-Houston.

En présence de ces résultats M. Mozley adopta comme frein de service un frein à sabots glissants sur le rail commandé à la main.

Généralisant les résultats de ses essais, l'auteur conclut que les freins électromagnétiques ne peuvent être utilisés comme freins de service.

Dans la discussion qui a suivi cette Communication, M. Feel, dont les essais de freinage très soignés ont été publiés antérieurement (¹), reproche à l'auteur : d'une part, de généraliser des résultats se rapportant à des conditions d'exploitation très spéciales; d'autre part, de conclure d'essais remontant à 1903 à l'inefficacité des freins électromagnétiques alors que ces freins ont subi depuis de notables perfectionnements qui les rendent parfaitement applicables.

(¹) *La Revue électrique*, t. VI, 15 sept. 1906, p. 140.



ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

COMPOSÉS OXYGÉNÉS DE L'AZOTE.

RECHERCHES RÉCENTES SUR LEUR PRÉPARATION ÉLECTRIQUE.

La production économique de l'acide nitrique et des nitrates est un problème industriel de première importance. Pour cette raison, la solution si simple qui consiste à soumettre l'air à l'influence des décharges électriques est-elle proposée sous de nombreuses formes différentes par nombre d'inventeurs. Ce sont ces solutions nouvelles que nous allons analyser ici d'après les brevets récents.

Le procédé Harry Pauling [1] consiste à soumettre à l'action d'étincelles électriques de l'air chauffé à une température telle que le protoxyde d'azote ne puisse exister,

On sait en effet qu'en soumettant l'air à la température ordinaire à l'influence des décharges électriques, il se forme du protoxyde d'azote, du bioxyde d'azote et de l'ozone. Ces trois corps étant endothermiques absorbent pour leur formation une grande quantité de chaleur. Cette chaleur perdue abaisse le rendement. Une molécule-gramme (46g) de bioxyde d'azote absorbe en effet 2 calories; une molécule-gramme (30g) de protoxyde d'azote en absorbe 22; enfin une molécule-gramme d'ozone absorbe 32 calories.

L'ozone se décomposant à 350° C. en ses molécules d'oxygène, et le protoxyde d'azote se décomposant à 100° C. d'après l'équation $2\,AzO = AzO^2 + Az$, on ne produira ni protoxyde d'azote, ni ozone, en soumettant à l'action de décharges électriques de l'air chauffé au-dessus de 1000° C.

Ce résultat est obtenu en faisant passer les gaz, alternativement d'un côté et de l'autre, à travers une source de chaleur située entre deux accumulateurs de chaleur. Dans ces conditions, il n'y a qu'une faible perte de chaleur, les gaz cédant, à leur sortie, leur chaleur à l'accumulateur. On évite en même temps les fluctuations de température.

La figure 1 représente le dispositif employé. C'est un four construit en matières réfractaires pouvant supporter 2500° C. Le four électrique 1 forme le couronnement de deux accumulateurs de chaleur 2 et 3 séparés par un autel solide 4.

La source de chaleur est formée par un nombre quelconque d'électrodes de charbon 5, introduites transversalement dans le four. Au fond de chaque accumulateur aboutit un canal 6,7, par lequel les gaz à traiter entrent et sortent alternativement. Chaque accumulateur est divisé en un certain nombre de compartiments 8, 9, 10, 11, dont la section va en diminuant vers le canal 6 ou 7.

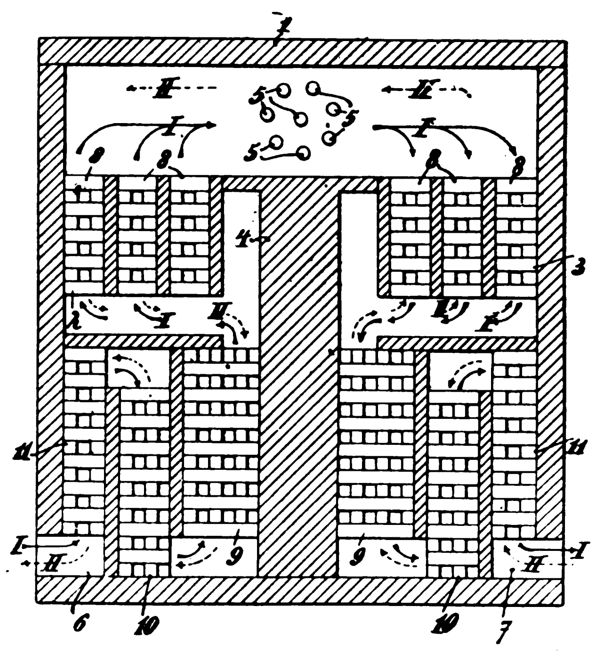


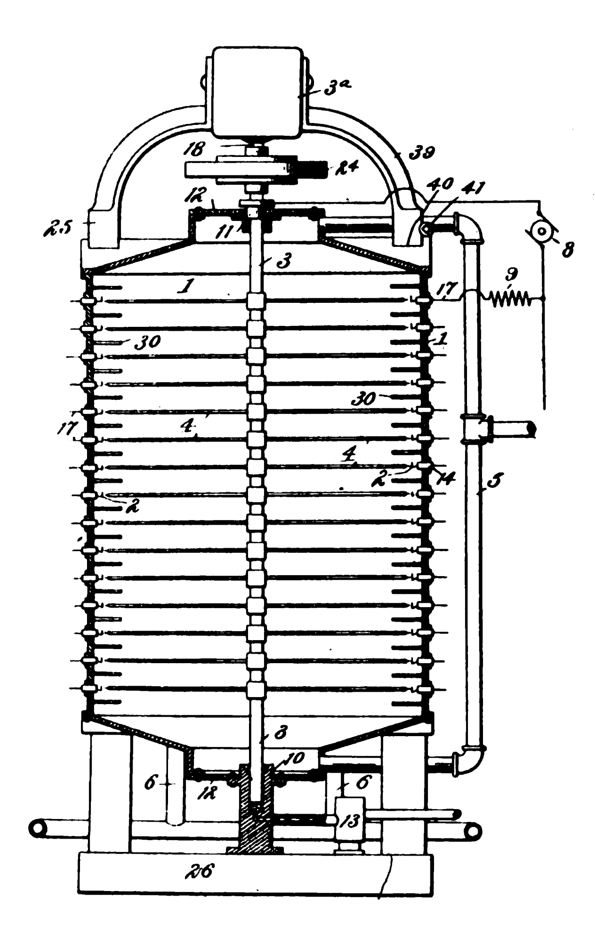
Fig. 1. — Four Pauling à récupération.

On ajoute à l'air la quantité d'eau qui lui fait défaut, soit par admission d'un mélange de vapeur d'eau et d'air frais, soit par addition, pendant la réaction, d'hydrogène ou d'un gaz renfermant de l'hydrogène.

On peut aussi ajouter à une quantité d'air déterminée de la chaleur latente, de telle façon que cette chaleur se dégage sous l'influence des décharges électriques et corrobore l'action de ces dernières. Cette chaleur latente peut être introduite par ozonisation préalable de l'air. Sous l'influence des étincelles électriques suffisamment chaudes, l'ozone en se décomposant dégage de la chaleur et contribue à augmenter la température pendant que l'oxygène naissant à température très élevée oxyde énergiquement l'azote.

[1] Brevet français 323760 du 12 août 1902. — Brevet anglais 18427 de 1902.

Les figures 2 et 3 se rapportent à une forme spéciale des appareils imaginés par la Société Atmospheric products Company ([1]).



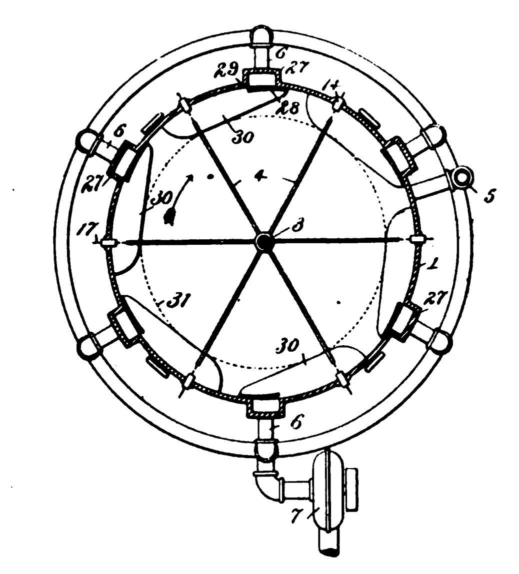


Fig. 2 et 3. — Appareil de la Atmospheric Products Co.

Dans cet appareil, on fait mouvoir une série d'électrodes devant une autre série. La différence de potentiel est très élevée, de manière à former entre ces électrodes une succession d'arcs qui vont en s'allongeant jusqu'à la rupture. Sur le circuit de chaque électrode est intercalée une bobine, de façon à permettre le réglage du courant.

La figure 2 est une coupe verticale de l'appareil, sur laquelle on n'a représenté qu'une seule bobine. La figure 3 est une coupe horizontale de ce même appareil. Sur les parois de la chambre cylindrique 1 sont placées les électrodes fixes 2. Un arbre 3 qui tourne au milieu porte les électrodes mobiles 4. Les gaz arrivent par le conduit 5 et les produits nitreux formés s'échappent par 6 à l'aide du ventilateur 7.

Le générateur à haute tension, continue dans le modèle décrit, est représenté en 8. Dans chacun des circuits, une bobine 9 est intercalée. Afin d'assurer un isolement convenable, l'arbre 3 tourne dans les coussinets 10, 11 montés sur les disques isolants 12, fixés aux extrémités de la chambre 1. Le coussinet inférieur 10 est cylindrique et l'arbre s'y enfonce à la façon d'un piston plongeur. Une pompe 13 refoule de l'huile dans le fond de ce cylindre, de sorte que l'arbre est soulevé et porte sur un matelas d'huile, ce qui constitue une crapaudine sans frottement. Le coussinet 11 est en forme de boîte à étoupe pour éviter les fuites de gaz.

Les conducteurs fixes sont isolés en les montant dans des tubes de porcelaine 14, traversant les parois de la chambre au travers d'une garniture et d'un presse-étoupe. Les électrodes 2 sont passées dans des bouchons en laiton connectés aux fils 17. Pour isoler l'arbre 3 du moteur 3^a qui le commande, on établit un manchon d'accouplement isolant 24. Le moteur 3^a est monté sur les montants isolants 25, et toute la chambre sur le bâti isolant 26.

Les gaz préalablement refroidis dans un appareil réfrigérant arrivent par 5 aux deux extrémités de la chambre 1. Les conduits d'échappement 6 communiquent avec les saillies 27, recouvertes intérieurement par les plaquettes 28, qui ne laissent comme passage que le chenal étroit 29. Dans ces conditions, les produits nitreux formés par une rangée d'arcs sont immédiatement refoulés en avant dans le tuyau d'échappement, la distance entre l'électrode fixe 2 et l'ouverture 29 étant un peu supérieure à la longueur maxima de l'arc. Ce prompt enlèvement des composés nitreux empêche leur dissociation au contact des autres arcs de la chambre. Des chicanes 30 en matière isolante et incombustible isolent les arcs entre eux.

([1]) Brevet français 324233 du 11 juillet 1902.



Pour avoir les composés nitreux aussi riches que possible à leur sortie, on rend le tirage intermittent en réglant les poussées de flux de manière à les faire commencer lorsque les arcs jaillissent et à les arrêter immédiatement après l'extinction des arcs. De cette façon, les gaz ne sont aspirés que quand les composés nitreux ont été formés, et rien qu'à ce moment. On parvient à ce résultat en intercalant dans la conduite 6 une valve commandée par l'arbre, de telle façon qu'il y ait synchronisme entre l'ouverture et la fermeture de cette valve et la formation des arcs.

Les électrodes sont en platine; les fixes sont un peu plus épaisses et recourbées. Grâce à la finesse des électrodes, l'intervalle pendant lequel les électrodes sont en face l'une de l'autre est très réduit, ce qui réduit d'une façon correspondante le temps pendant lequel le courant va en s'accroissant dans l'arc. Cela permet d'employer des bobines de bien moindre inductance.

Comme il y a avantage à employer les gaz sous pression, la chambre 1 est construite de façon à pouvoir résister aux pressions élevées.

On peut aussi communiquer à chacun des deux gaz une charge électrostatique avant de les soumettre à l'influence des arcs. Enfin, pour améliorer le rendement, on enrichit l'air d'oxygène jusqu'à une teneur égale en volume d'azote et d'oxygène, et l'on ajoute un léger pourcentage d'hydrogène.

Le dispositif adopté par le COMITÉ D'INITIATIVE POUR LA FABRICATION DE PRODUITS NITRIQUES [1] a pour objet de soumettre le mélange gazeux à nitrifier à l'influence de décharges électriques à haute fréquence. Un schéma de ce dispositif est représenté en figure 4. Le primaire *a* d'un transformateur est alimenté par le générateur *b*. Dans le circuit de l'enroulement secondaire *c* sont intercalées en dérivation des sections de décharge *d*, et une bobine de self-induction *i*. Chaque section de décharge comprend les deux électrodes de décharge *e*, *f*, une batterie de condensateurs *g* et une bobine de self-induction *h*. Les électrodes *e*, *f*, entre lesquelles se produisent les décharges, sont disposées à l'intérieur de chambres *d*; c'est dans ces chambres que se produit la nitrification. Par le réglage convenable des bobines *h* et des condensateurs *g*, on crée des oscillations de haute fréquence, sans cependant dépasser la fréquence qui convient pour l'obtention d'un rendement maximum en produits nitriques. La bobine de self-induction *i*, convenablement réglée, a pour effet de rendre négligeable la quantité d'énergie électrique dewattée dans le circuit induit.

Pour diminuer les pertes d'énergie dans le transformateur *a*, *c*, par hystérésis et courants de Foucault, les sections de décharge *d* forment des groupes composés chacun de plusieurs sections dérivées

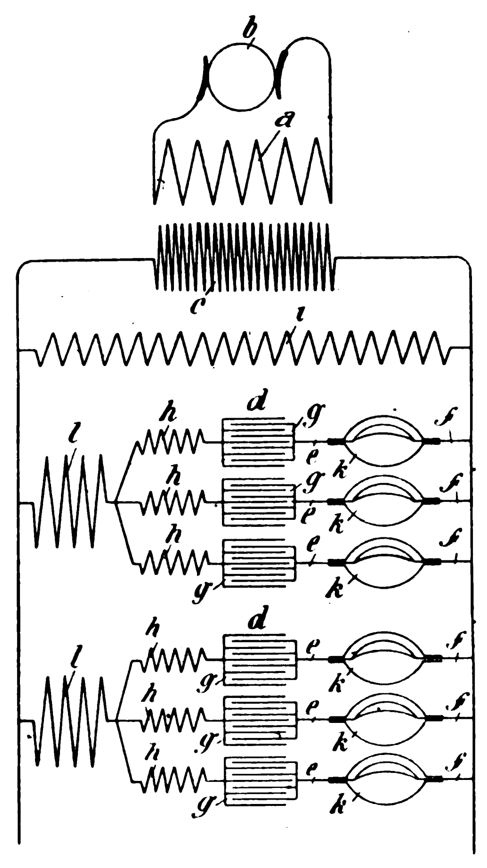


Fig. 4. — Schéma du dispositif du Comité d'initiative pour la fabrication de produits nitriques.

d'une bobine de self-induction *l*, plus grande que celles *h*, et qui sert par sa résistance d'induction à empêcher les oscillations électriques dans le circuit induit en dehors des sections de décharge du groupe correspondant de dépasser le nombre d'alternances afférent au transformateur *a*, *c*.

Les procédés J. SCHLUTIUS [1] sont applicables à l'ozonisation de l'oxygène, de même qu'à la transformation de l'azote en acide nitrique.

Ils sont caractérisés par ce fait que, pour augmenter le rendement, on force chaque parcelle de gaz à entrer en contact avec l'étincelle électrique. A cet effet, l'étincelle est étalée en forme de bande, de cône ou de disque, au travers desquels les gaz sont aspirés ou soufflés.

[1] Brevet français 324964 du 4 octobre 1902.

[1] Brevet français 328609 du 19 janvier 1903. — Brevet autrichien 17310.



La figure 5 se rapporte à la première forme, celle de ruban. Un cylindre *a* en matière isolante est fixé sur un axe conducteur *b* mobile. Sur ce cylindre est enroulé en hélice un fil métallique, dont les deux extrémités sont reliées électriquement à l'axe *b*.

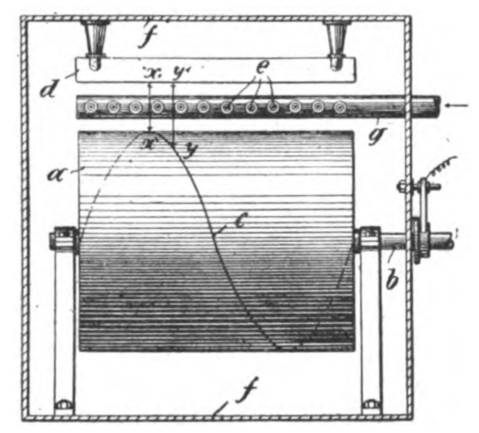


Fig. 5. — Appareil Schlutius (étincelles en ruban).

A quelque distance du cylindre *a* est disposée une bande métallique *d*, parallèle à l'axe *b*, et reliée à l'un des pôles de la source d'électricité, l'autre pôle étant relié à *b*. Une série de buses *e* reliées par un tuyau *g* amène les gaz. Au point où la distance entre *c* et *d* est la plus petite (entre *x* et *x'*) l'étincelle jaillit. En faisant tourner le cylindre l'étincelle se déplace d'une extrémité à l'autre de ce cylindre, et, si la vitesse est suffisante, on produit ainsi un ruban continu d'étincelles que toutes les parcelles de gaz qui s'échappent des buses doivent traverser.

Dans la figure 6, les étincelles sont étalées en

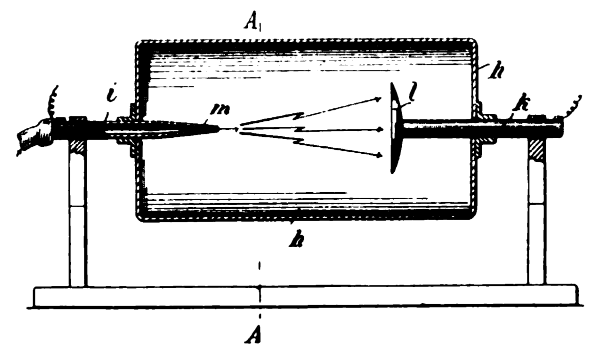


Fig. 6. — Appareil Schlutius (étincelles en cône).

forme de cône. Deux électrodes *i* et *k* de forme tubulaire sont introduites dans un cylindre *h* et isolées de celui-ci. L'une des électrodes *i* se termine en buse *m*, tandis que l'autre *k* porte une coupe *l*. Le cône d'étincelles a sa base en *l* et son sommet en *m*. Les gaz insufflés en *m* suivent le trajet des étincelles et partent ensuite par le tube de l'autre électrode *h*.

La forme d'étincelles en disque est représentée en figure 7. Un arbre *n*, relié à l'un des pôles de la

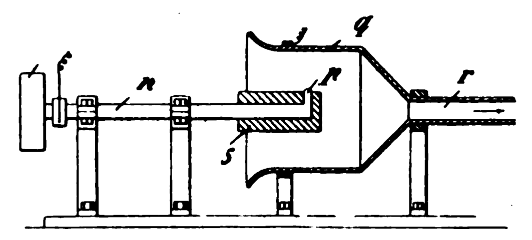


Fig. 7. — Appareil Schlutius (étincelles en disque).

source d'électricité, reçoit son mouvement d'une poulie *o*. A son extrémité, cet arbre est muni d'un prolongement *p* dressé vers le côté. Un récipient *q*, en forme d'entonnoir, est relié par le tube *r* à une pompe à air. Il est en communication électrique avec l'autre pôle de la source. Les étincelles jaillissent entre la pointe *p* et le récipient *q*, et lorsque la vitesse est suffisante, il se produit une plaque circulaire d'étincelles que l'air aspiré est obligé de traverser.

Dans le procédé de la Société SIEMENS ET HALSKE (1), le mélange d'oxygène et d'azote circule en cycle à travers l'arc électrique et ensuite à travers un appareil réfrigérant ou absorbant, d'où il revient dans l'arc et ainsi de suite. De cette manière une quantité donnée de gaz est enrichie graduellement de peroxyde d'azote AzO^2, jusqu'à ce que la partie de ce produit qui forme excès sur une teneur déterminée, se trouve retenue dans le réfrigérant, tandis que la partie non absorbée passe de nouveau dans l'arc et dans l'appareil d'absorption ou le réfrigérant avec le mélange de gaz en circulation, de sorte qu'elle est continuellement enrichie de nouveau et précipitée partiellement.

On évite ainsi la perte de produits nitreux, qui a lieu quand le gaz traité par l'arc est simplement comprimé et refroidi en vue de la condensation des oxydes d'azote, puis évacué dans l'air libre. Le procédé permet aussi d'obtenir des produits purs et concentrés. Ainsi, en traitant l'azote et l'oxygène en proportions théoriques, on peut obtenir le peroxyde d'azote pur et anhydre, en comprimant de préférence entre 5 et 10 atmosphères et en refroidissant. Quand on emploie de l'air sans addition d'oxygène, le cycle fermé ne peut être maintenu que jusqu'au moment où le mélange s'est trop fortement enrichi en azote. Dans ce cas, il faut évacuer l'azote et le remplacer par un mélange plus riche en oxygène. Avec un mélange de parties égales d'oxygène et

(1) Brevet français 335453, du 21 septembre 1903.

d'azote, le renouvellement des gaz n'est nécessaire que lorsque les gaz rares (argon, hélium) se sont trop fortement accumulés. Ces gaz peuvent être alors recueillis.

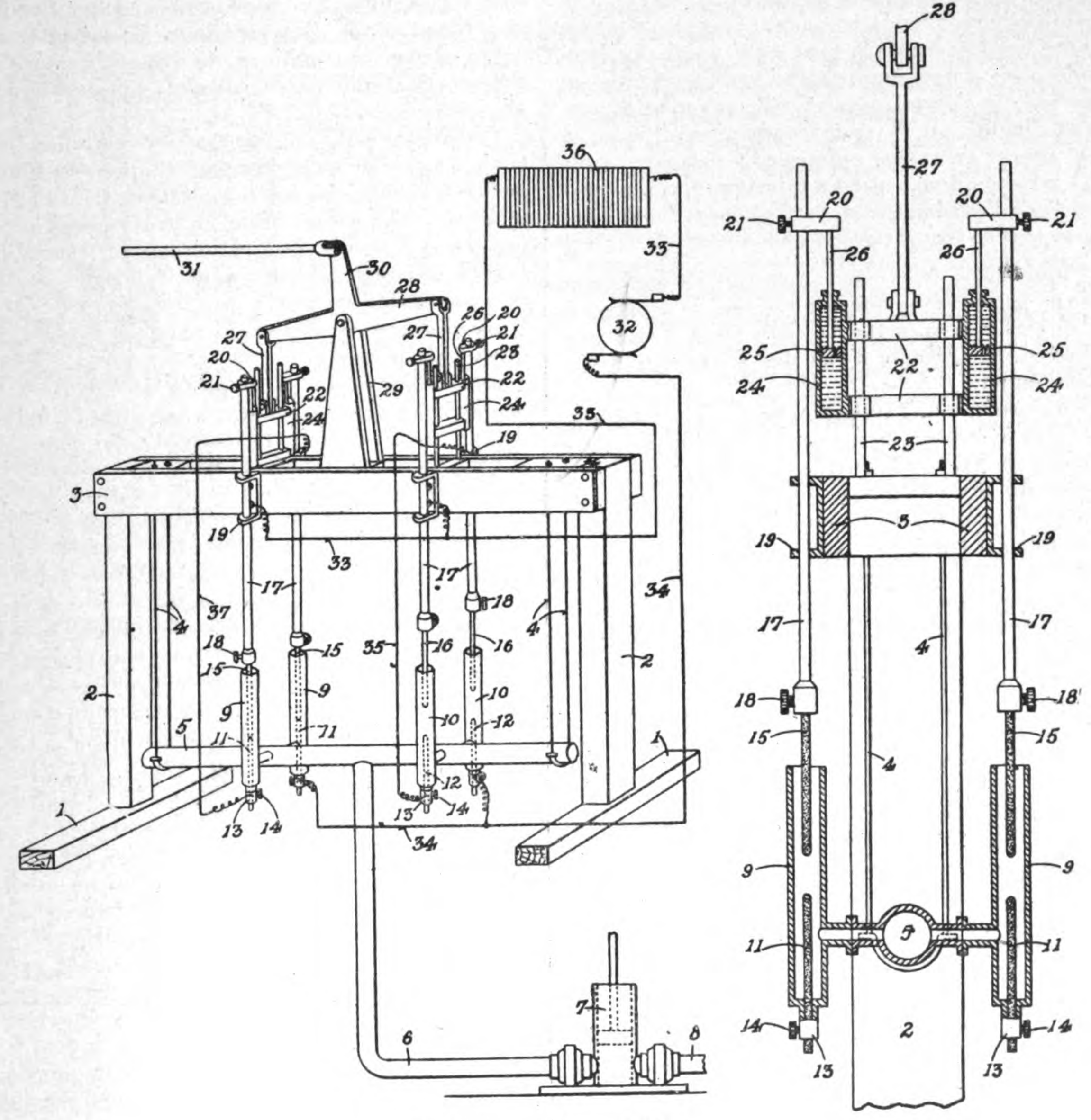


Fig. 8 et 9. — Appareil Alsop.

La circulation des gaz peut être établie naturellement, les gaz chauffés par l'arc subissant un mouvement ascendant, et ceux refroidis un mouvement descendant; mais on peut aussi établir la circulation à l'aide d'un ventilateur.

La Société Siemens et Cie (1) a reconnu qu'il est particulièrement avantageux d'employer des électrodes contenant des combinaisons métalliques, telles que fluorures, borates, silicates, alcalis, terres alcalines, magnésium. Une électrode de charbon renfermant de 10 à 30 pour 100 de spath fluor est très active. En même temps qu'on favorise la formation des oxydes de l'azote, on diminue la résistance de l'arc lumineux et l'on forme un arc très grand et volumineux.

L'emploi d'électrodes en charbon donne lieu, comme on sait, à la formation d'oxyde de carbone

(1) Brevet français 339730, du 20 janvier 1904.

qui réduit une partie des oxydes d'azote formés. On diminue cet inconvénient en constituant les électrodes à l'aide des corps ci-dessus, mélangés à la quantité de charbon strictement nécessaire pour les rendre conducteurs. On peut aussi munir les électrodes soit d'une âme, soit d'une enveloppe en charbon que l'on retire lorsque l'électrode suffisamment chauffée est devenue conductrice. Enfin, on peut encore s'arranger pour que le mélange d'azote et d'oxygène, dirigé par un tube approprié, ne traverse que l'arc lumineux, suffisamment long, et ne vienne pas en contact avec les charbons.

L'appareil J.-N. Alsop (¹), destiné à transformer l'air en peroxyde d'azote et en ozone, est représenté en figures 8 et 9, cette dernière étant une coupe transversale agrandie d'une des séries d'appareils générateurs.

Un châssis 1, 2, 3 supporte, au moyen de tiges 4, un tuyau 5, fermé à ses extrémités et relié au centre à un tuyau 6 qui communique avec une pompe 7, munie du tuyau d'échappement 8. Des séries de tubes 9 et 10 ouverts communiquent avec 5. Dans le bas de ces tubes sont fixées des électrodes 11, 12 montées dans les supports 13 et réglées par les vis 14. Des électrodes mobiles 15, 16, réglables automatiquement, passent dans l'extrémité supérieure des tubes. Ces électrodes sont fixées par des vis 18 aux supports mobiles 17, qui peuvent coulisser dans les guides 19 fixés sur 3. Ces supports 17 sont eux-mêmes fixés par les vis 21 sur les plaques 20, en matière isolante. Une traverse 22 se meut verticalement sur les tiges de guidage 23 montées sur le châssis; elle porte de chaque côté des cylindres 24 remplis d'huile. Dans chaque cylindre fonctionne un piston 25 relié par une tige 26 à la plaque 20. Ces pistons comportent de petits orifices permettant à l'huile de passer sur le côté supérieur des pistons. Les bielles 27 reliées à 22 reçoivent leur mouvement alternatif d'une barre 28 oscillant dans le support 29 et conduite par le bras 30 et la tige 31. Le mouvement est tel que les électrodes 15 sont abaissées quand les électrodes 16 sont levées et *vice versa*. Lors du mouvement de descente de la bielle 27, les cylindres 24 sont abaissés, facilitant la descente des supports 17 grâce au vide partiel créé dans 24. Ce mouvement continue jusqu'au contact des électrodes 15 et 11. Lorsque la bielle 17 est soulevée, la pression de l'huile sur le côté inférieur des pistons agit pour soulever 17 et écarter les électrodes. Le dispositif permet de compenser le raccourcissement des électrodes qui brûlent pendant le fonctionnement. Comme chaque piston 25 est muni d'un petit orifice, lorsque les électrodes 15 et 16 se raccourcissent, les pistons s'enfoncent plus profondément dans les cylindres, l'huile passant par le petit orifice et arrivant sur le côté supérieur. En même temps qu'un réglage automatique, le dispositif assure un contact élastique des électrodes qui ne peuvent ainsi se rompre.

Le courant pour produire les arcs entre les électrodes, prises de préférence métalliques, est fourni par la dynamo 32 à potentiel constant. Dans chaque série de tubes les arcs sont en tension ainsi que le montre la figure 8. Dans le circuit se trouve une bobine d'induction qui permet l'allongement des arcs par l'extra-courant.

L'air, chargé de vapeurs nitreuses et d'ozone, est évacué par la pompe 7.

En pratique, on a employé une dynamo de 500 volts et pouvant donner 5 ampères. La bobine d'induction avait une résistance de 100 ohms. La tension dans l'arc variait de 150 à 900 volts et l'intensité de l'arc variait de 20 à 0.1 ampères.

L'air ainsi traité est employé avec avantage par l'inventeur pour blanchir et purifier les farines.

Dans tous les procédés ordinaires, après l'absorption des gaz soumis à l'action des décharges électriques, c'est un mélange d'acides nitrique et nitreux ou de nitrate et de nitrite que l'on obtient, le peroxyde d'azote, en présence de l'eau, se décomposant en ces deux acides. Pour beaucoup d'applications la présence de nitrite est gênante.

La Société Westdeutsche Thomas Phosphat-Werke (¹), a remarqué que la teneur en acide nitreux baisse avec la puissance électrique employée; aussi conseille-t-elle de n'employer que des puissances inférieures à 200 watts. Généralement, on produit les décharges à l'aide du secondaire d'un transformateur, dont la puissance dépensée dans le primaire est inférieure à 200 watts. Ce courant secondaire est à haute tension et à faible intensité. D'après le brevet, pour des puissances supérieures à 200 watts, la proportion de nitrite est de 50 pour 100. Elle s'abaisse de 45 à 46 pour 100 pour la puissance 180 watts et de 18 à 20 pour 100 pour la puissance de 120 watts.

Dans le procédé A.-J. Petersson (²), on fait agir les arcs sur un nombre de molécules de gaz aussi grand que possible, en déplaçant ces arcs dans le gaz en traitement, par l'action des forces électrodynamiques. La figure 10 montre l'appareil sous sa forme la plus simple. Le récipient *a* est muni d'ouvertures *b* et *c* pour l'entrée et la sortie des gaz. Les électrodes *d*, *d* s'étendent en *e*, *e* le long des

(¹) Brevet français 343129, du 13 mai 1904. — Brevets américains 758883 et 758884.

(¹) Brevet français 348189, du 22 novembre 1904.
(²) Brevet français 349227, du 20 décembre 1904.



parois. Aussitôt que la formation de l'arc aura eu lieu en *f*, le courant produit exercera sur l'arc une action ascensionnelle. Chaque arc jaillissant en *f* montera donc en traversant la masse gazeuse.

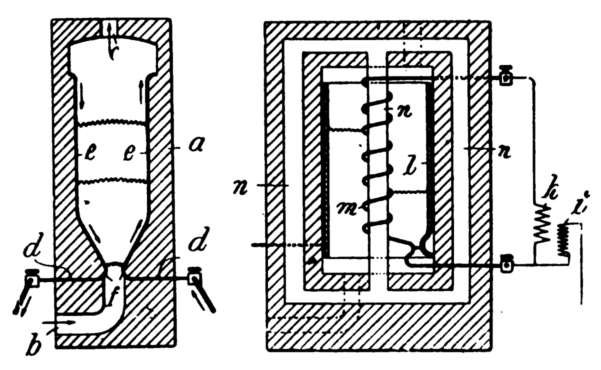
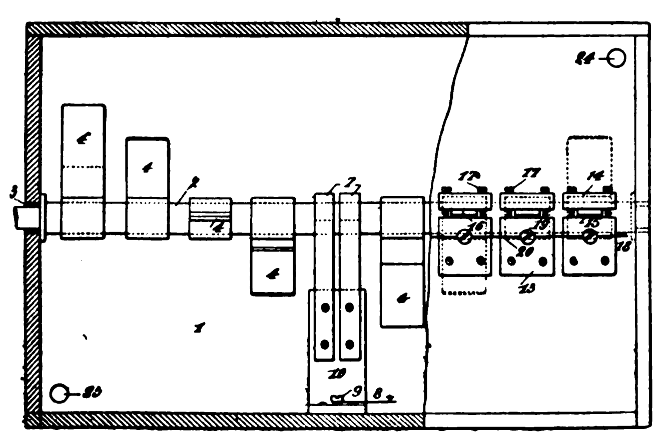


Fig. 10 et 11. — Appareils Petersson.

Dans la figure 11, l'une des électrodes est constituée par un cylindre en feuille de métal *l*; l'autre électrode *m*, en forme de spirale, est enroulée autour d'un noyau de fer *n*. L'électrode en spirale *m* constitue le primaire d'un transformateur dont le secondaire est le cylindre *l*. Ce primaire est alimenté par le transformateur *ik*. L'enroulement primaire *i* de ce transformateur est fixé à l'une des extrémités de l'électrode *m* et amène le courant principal qui, en formant l'arc, passe au cylindre *l* pour revenir à la source d'électricité. Sous l'influence des courants engendrés dans les deux électrodes, les arcs se déplacent en montant suivant les spires de l'électrode et en traversant la masse gazeuse.

Un dispositif particulier pour la production d'étincelles électriques est représenté en figures 12 et 13. Cet appareil, proposé par la Société anonyme d'Électricité et d'Automobiles Mors [1], peut être employé pour la formation des composés nitreux aussi bien que pour la production de l'ozone. Il comprend une caisse close 1 dans laquelle un arbre conducteur 2, monté sur des coussinets isolés 3, peut tourner. Sur cet arbre sont fixées, à l'aide d'un collier de serrage en deux pièces 5, 6, des palettes 4, régulièrement réparties autour de l'arbre. Un frotteur 7, porté par la pièce conductrice 10, met l'arbre en communication avec une des extrémités d'un circuit électrique. L'une des parois 12 de la boîte 1



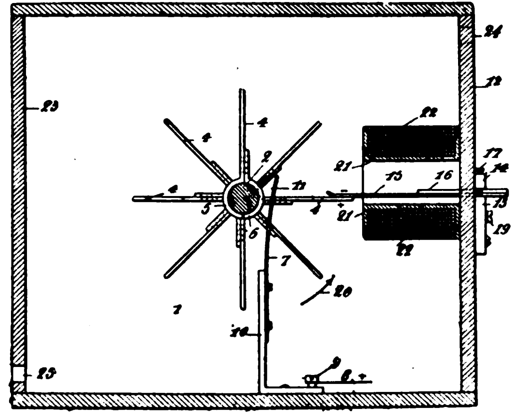


Fig. 12 et 13. — Appareil de la Société anonyme d'Électricité et d'Automobiles Mors.

est munie de fentes disposées en face des bagues des palettes 4 et au droit desquelles sont établies deux pièces conductrices 13, 14. La première est fixe et la seconde est destinée à serrer sur la pièce 13 une lame élastique et conductrice 15, combinée avec une contre-lamelle 10. Cette lame est ajustée par des vis de pression 17 de manière que la palette 4 correspondante puisse venir la soulever comme l'indique la figure 13 (coupe transversale) pendant la rotation de l'arbre 2. Les lamelles 15 sont mises en communication avec la seconde extrémité du circuit électrique précité.

Autour des lamelles 15 est disposé un électro-aimant 21, dont l'inducteur 22, convenablement aplati, est traversé par le courant qui passe dans le circuit de la lamelle. Sur les parois opposées de la chambre, deux orifices 24 et 25 servent à assurer la circulation de l'air à l'intérieur, le débit étant réglé par une soufflerie.

Dans ces conditions, l'arbre 2 tournant dans le sens de la flèche 26, chaque palette vient, une fois par tour, soulever la lamelle correspondante, de façon à fermer le circuit, puis abandonner cette lamelle en produisant une étincelle de rupture. Le champ magnétique produit par l'électro-aimant 21 allonge l'étincelle de l'extrémité de la lamelle 15,

[1] Brevet français 349776 du 31 décembre 1904.

vers l'intérieur de la boîte 1, ce qui augmente l'action de l'étincelle sur l'air. Pour chaque tour de l'arbre 2, se produit une série d'étincelles régulièrement réparties et en nombre égal à celui des palettes. Le contact entre les palettes et leurs lamelles est toujours assuré puisque l'étincelle se produit sur les deux surfaces opposées à celles qui viennent en contact.

Dans le procédé D. Helbig (1), l'arc est obtenu entre des électrodes métalliques refroidies. Cet arc est entouré et limité par des substances réfractaires telles que chaux ou magnésie qui jouissent de la propriété, lorsqu'elles sont portées à haute température, de rendre conducteurs les gaz dans leur voisinage. La tension nécessaire est ainsi réduite ; elle est moindre que 600 volts pour une flamme de 50^{mm}. L'arc est de plus très stable et, en obligeant les gaz à traverser l'espace rempli par l'arc, on obtient les oxydes de l'azote mélangés avec un minimum de gaz non combinés.

Les figures 14 et 15 représentent l'appareil employé, la dernière étant une coupe transversale

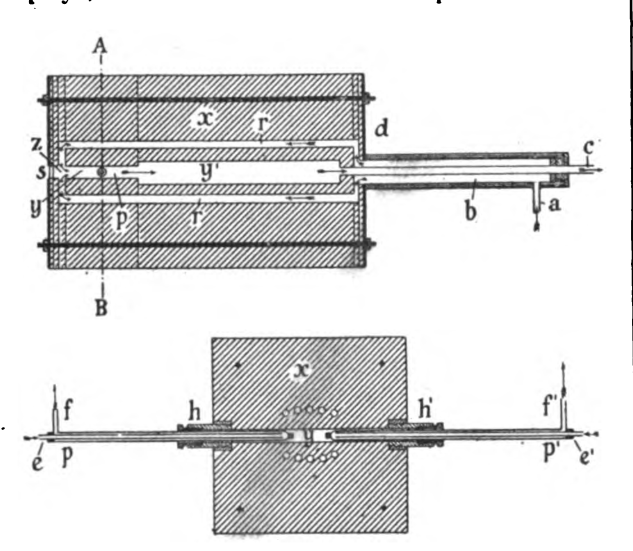


Fig. 14 et 15. — Appareil Helbig.

par AB. Le bloc x est composé de la matière réfractaire ionisante. Les électrodes p et p', dont les pointes massives sont protégées contre la fusion au moyen d'une circulation de liquide, pénètrent dans un canal y, qui traverse le bloc x, par deux perforations munies des presse-étoupes hh'.

Les pointes des électrodes peuvent être munies d'un revêtement réfractaire ne laissant à découvert que la pointe même de l'électrode.

On allume l'arc en mettant les électrodes en contact pendant un instant, puis en les éloignant peu à peu. La flamme remplit toute la section du canal y. Autour de ce canal y et de son prolongement y' sont pratiquées des perforations r qui traversent x parallèlement à yy'.

Le mélange gazeux arrive par le tube a, traverse b, r et entre en z dans le canal y au milieu duquel il est soumis à l'action de la flamme. Il part ensuite par le canal y' et le tube c concentrique à b. Les plaques d en amiante assurent l'étanchéité et préviennent les pertes de chaleur. Une fenêtre s en mica permet d'observer la flamme.

On sait que, lors de l'oxydation de l'azote par les étincelles électriques, le rendement augmente avec la pression. Cependant, la Société Westdeutsche Thomas Phosphat-Werke (1) a constaté que le rendement augmente aussi lorsqu'on diminue la pression. Dans son procédé, la pression est diminuée à l'aide d'une pompe à air aussi bien dans la chambre de décharge que dans les appareils d'absorption. On aurait encore l'avantage d'éviter la formation de l'acide azoteux qui s'oxyde dans ces conditions. Lorsque les appareils d'absorption sont remplis d'une base, c'est un nitrate que l'on obtient.

Lorsqu'on emploie comme absorbant du chlorure de sodium ou d'autres sels qui, pendant leur décomposition par les oxydes de l'azote, dégagent des gaz tels que l'acide chlorhydrique par exemple, ces gaz font cesser la basse pression. Dans ces conditions, derrière les récipients d'absorption, on place un ou plusieurs récipients dans lesquels est également maintenue une basse pression et qui sont remplis de liquides absorbant rapidement les gaz qui tendaient à venir troubler la pression. Dans le cas où l'on se sert de chlorure de sodium comme liquide absorbant, les réservoirs en question sont remplis d'un lait de chaux. Pendant le fonctionnement, on voit alors le vide croître aussi bien dans l'espace de décharge que dans les récipients à solution.

Il est connu que le rendement en oxydes de l'azote augmente lorsqu'on ajoute à l'air de l'oxygène pur de façon que le mélange renferme en poids quantités à peu près égales d'oxygène et d'azote.

Dans le procédé Siemens et Halske A. G. (2), on décompose mécaniquement (procédé Linde, Pictet) ou chimiquement (procédé au bioxyde de baryum) l'air en ses constituants. Pendant que l'azote est absorbé de la manière connue, par des carbures par exemple, l'oxygène est mélangé à de l'air et soumis à l'action des décharges électriques pour la transformation en composés nitreux.

L. Jumau.

(1) Brevet français 352090 du 20 janvier 1905.

(1) Brevet français 353518 du 19 avril 1905.
(2) Brevet français 358171 du 30 septembre 1905.



OR.

Études sur la précipitation électrolytique de l'or des solutions de cyanure, par le Dr Bernh. Neumann (*Zeitschrift für Elektrochemie,* t. XII, 10 août 1906, p. 569). — Le procédé d'extraction de l'or de ses minerais par lessivage avec une solution de cyanure est employé depuis quinze ans. D'abord adopté au Transvaal, il s'est étendu aux autres pays, et actuellement plus du tiers de la production mondiale en or est obtenu par le lessivage au cyanure. De la solution, l'or est précipité par deux méthodes différentes, soit par le zinc, soit par électrolyse.

Pour la précipitation électrolytique, on fait passer la solution dans plusieurs bains successifs, dans lesquels des bandes minces de plomb disposées en parallèle servent de cathodes, en regard d'anodes en tôle de fer de dimensions correspondantes. La tension d'une cuve atteint 2 à 3 volts pour une densité de courant de 0,5 ampère par mètre carré. L'or précipité adhère fortement sur les cathodes; sur les anodes en fer, il se produit peu à peu du bleu de Prusse et de l'oxyde de fer qui souillent les lessives.

Andréoli a proposé de remplacer les anodes en fer par des électrodes en peroxyde de plomb. A première vue, cela paraît un avantage, le peroxyde de plomb n'étant pas attaqué. Mais l'expérience montre qu'en utilisant ces plaques comme anodes dans des solutions étendues de cyanure de potassium, il se forme rapidement par places des points blancs d'où partent bientôt des traînées blanches qui tombent au fond et troublent le bain. Cette substance n'est autre que le cyanure de plomb formé par l'action du cyanogène sur le plomb métallique, action qui s'explique par la porosité de la couche de peroxyde qui recouvre le métal. Pour cette raison, l'emploi d'anodes en peroxyde de plomb ne s'est pas étendu.

Malgré l'utilisation très répandue de la précipitation électrolytique de l'or, on ne connaît que très peu de choses sur cette électrolyse. En ce qui concerne le rendement, Richards annonce qu'il atteint, dans les conditions les plus favorables, 0,25 pour 100. Hamilton indique 14 à 6 pour 100. D'après Christy, en pratique on ne dépasse pas 1 à 2 pour 100 et au maximum 5 pour 100. Sharwood annonce un rendement de 5 à 6 pour 100.

Dans ses recherches, le Dr Neumann a employé un bac en verre de dimensions $22^{cm} \times 12^{cm}$ et 30^{cm} de hauteur, contenant 8^l. Comme anodes, il a pris des tôles minces en fer, et comme cathodes des lames de plomb. Ces électrodes avaient comme dimensions $27^{cm} \times 21^{cm}$. On disposait deux cathodes entre trois anodes, et, après remplissage de $6^l,5$ d'électrolyte, la surface totale cathodique était 2000^{cm^2} environ. La solution était agitée régulièrement. Dans les diverses expériences, il y avait autant de séries de plaques que de dosages d'or déposé, car le fait d'interrompre l'électrolyse trouble le régime de cette opération. Les courbes ci-contre indiquent les résultats obtenus. Dans les courbes de la figure 1, on a représenté la variation des quantités d'or déposé en fonction de la quantité d'électricité. Les courbes I, III et V se rapportent à la concentration 10^g d'or par mètre cube de solution; les courbes II et IV, à la concentration 3^g d'or par mètre cube. Les densités de courant sont 0,25 ampère par mètre carré pour les courbes III et IV, 0,50 ampère par mètre carré pour les courbes I et II, et 2,4 ampères par mètre carré pour la courbe V. La solution de cyanure de potassium était à la concentration 0,05 pour 100 pour les expériences I, II, III, IV et à 0,07 pour 100 pour l'essai V.

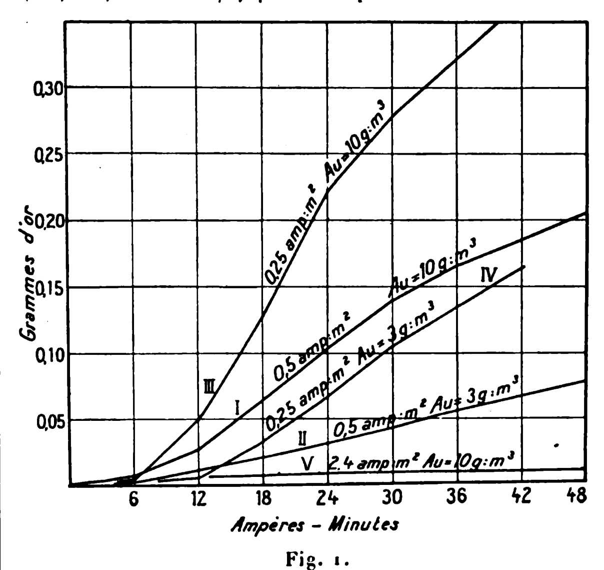


Fig. 1.

On remarquera que, l'or étant à l'état monovalent dans les solutions de cyanure, il doit être déposé théoriquement $7^g,356$ d'or par ampère-heure.

Dans la figure 2, on a tracé à plus grande échelle les

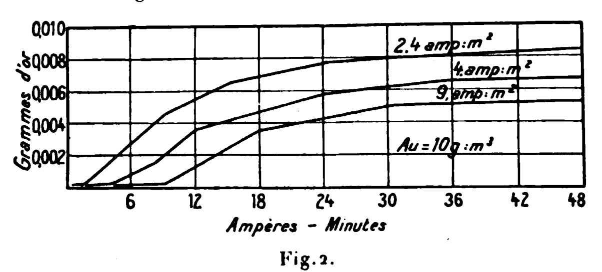


Fig. 2.

courbes relatives aux densités de courant élevées, 2,4, 4 et 9 ampères par mètre carré pour une solution d'or à 10^g par mètre cube et une concentration de cyanure de potassium égale à 0,07 pour 100. Ici, le vase employé ne renfermait que $1^l,25$ de solution et la surface des cathodes n'était que de 500^{cm^2}.

La figure 3 montre la variation du rendement en quantité pour les essais correspondant aux courbes de la figure 1.

On voit qu'après un certain temps d'électrolyse des solutions de concentration constante en or, le rendement s'abaisse. En même temps, la teneur en cyanure diminue par l'action de l'électrolyse et de l'air. En pratique, avec les densités de courant adoptées (0,5 ampère par mètre carré) et pour des lessives riches en or (10^g

par mètre cube), le rendement ne dépasse pas 4 pour 100. Après utilisation des mêmes cathodes pendant plusieurs semaines, le rendement se maintient même à

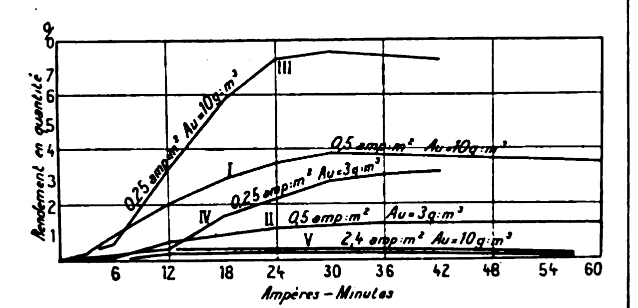


Fig. 3.

une valeur inférieure. Dans le cas des solutions pauvres (3g d'or par mètre cube), le rendement maximum est 1,5 pour 100. Dans les installations qui ont plusieurs bains disposés en série, le rendement moyen ne dépasse pas 2 pour 100 dans les cas les plus favorables et reste au-dessous de 1 pour 100 après un certain temps de marche.

Dans le procédé Siemens et Halske, les cathodes sont en forme de bandes de plomb; on en sépare facilement l'or par coupellation. Pfleger a proposé de remplacer les feuilles de plomb par un réseau de fils de plomb que peut ainsi traverser l'électrolyte; mais cette modification n'a pas été adoptée en pratique. Andréoli a employé comme cathodes le fer et l'aluminium. L'or déposé sur ces métaux était enlevé en les plongeant dans un bain de plomb qui s'emparait de l'or. Mais cette méthode, qui donne de bons résultats en petit, a été abandonnée en pratique.

Hamilton emploie, à Sonora (Mexique), une densité de courant élevée (2,5 ampères par mètre carré), de façon à déposer l'or à l'état spongieux. Tous les deux jours, on brosse les cathodes pour recueillir l'or. Dans ce cas, les cathodes en étain sont préférables à celles en plomb.

On a souvent proposé d'employer le mercure comme cathode; mais la quantité nécessaire de mercure est telle que le prix d'achat et les pertes sont absolument prohibitives.

Christy dépose l'or des solutions de cyanure sur des cathodes en fer ou en plomb, dont il se sert ensuite comme d'anodes dans une cuve de raffinage avec bain plus concentré de cyanure. Mais, en solution de cyanure, le plomb s'attaque comme anode et il se forme du cyanure de plomb. De même, le fer est attaqué et se recouvre d'oxyde et de bleu de Prusse.

L'auteur a fait des expériences en utilisant le charbon comme électrode. On se servait, dans ce cas, de graphite Acheson. Pendant un mois et demi qu'ont duré les essais, ces électrodes se sont très bien comportées. L'électrolyse avait lieu dans un bac en verre; la solution renfermait 0g,0269 d'or et 1g,52 de cyanure de potassium par litre. La surface de l'électrode en charbon était de 225cm². Avec une intensité de 0,15 à 0,20 ampère, la tension atteignait 2 volts. Après 15h, l'or était déposé en couche adhérente. Les plaques recouvertes d'or étaient ensuite chargées comme anodes dans un vase renfermant 1l,5 de solution concentrée de cyanure de potassium, et en utilisant comme cathode une feuille de cuivre doré.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus avec des densités variables de courant :

Durée en heures.	Intensité en ampères.	Surface cathodique en cm².	Densité de courant en ampères par m².	KCAz en grammes par litre.	Or séparé en grammes.	Rendement en quantité en pour 100.
0,25	0,496	5,0	992	177,6	"	"
0,25	0,329	5,0	659	177,6	"	"
1	0,325	11,0	296	135	"	"
1	0,334	28,3	118	135	"	"
16	0,200	28,8	69	135	0,0065	0,03
3,5	0,164	28,8	57	121	0,0065	0,15
3	0,084	28,8	30	121	0,0065	0,34
4	0,070	28,8	24	121	0,0092	0,45

Comme on le voit, il ne se sépare pas d'or pour les grandes densités de courant et, pour les faibles densités, le rendement est très faible. L'or se dissout très rapidement à l'anode, mais il se dépose si mal à la cathode, qu'on peut l'enlever avec le doigt. On doit donc renoncer à employer la solution de cyanure de potassium dans ce cas.

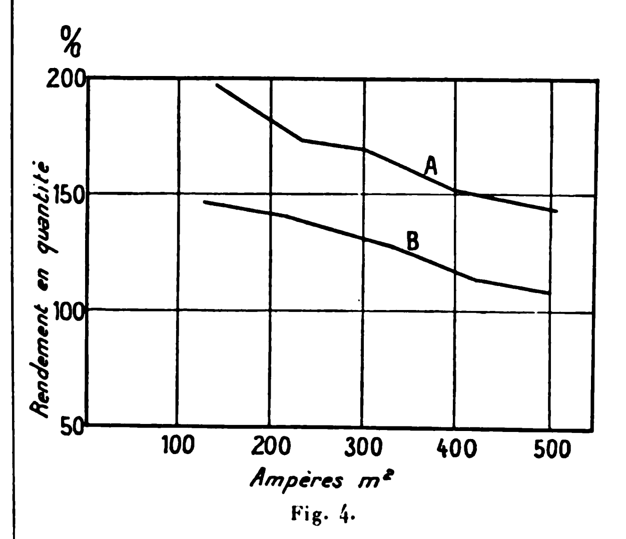


Fig. 4.

L'auteur poursuivit ses essais en prenant comme électrolyte une solution de chlorure d'or, ainsi que Wohlwill l'avait déjà proposé pour le raffinage de l'or.

Pour déposer rapidement l'or sur la plaque de charbon, on employait une solution chlorhydrique de chlorure d'or et l'on se servait, comme anode, d'une plaque de charbon ou de platine recouverte d'or. L'électrolyte

était agité et chauffé de 60° C. à 70° C. La surface cathodique utile étant de 10$^{cm^2}$, on chargeait à 0,4 ampère, soit 400 ampères par mètre carré. L'or se déposait avec un bon rendement et était très adhérent. Le même appareil servait pour le transport de l'or. La température de l'électrolyte était de 60° C. à 75° C., la densité de courant anodique, 1000 à 1500 ampères par mètre carré. Comme cathode, on prenait une plaque de platine et la densité de courant cathodique était variable. Le Tableau suivant résume les différents essais effectués :

Durée en heures et minutes.	Intensité de courant en ampères.	Surface cathodique en cm².	Densité de courant en ampères par m².	Teneur de l'électrolyte en grammes d'or par litre — avant.	Teneur de l'électrolyte en grammes d'or par litre — après.	Or déposé en grammes.	Rendement en quantité en pour 100.
			Essais n° 1.				
h m							
10	0,33	5,0	1000	23,05	"	"	"
15	0,53	6,25	850	4,45	"	"	"
1.30	0,44	8,75	503	4,70	1,15	2,3430	145
54	0,42	10,00	418	4,75	3,45	1,3748	150
45	0,31	10,00	310	7,25	6,10	0,9842	170
1.20	0,23	10,00	233	3,00	2,60	1,3243	175
1.35	0,14	10,00	141	3,30	2,85	1,0806	198
			Essais n° 2.				
45	0,498	10,00	498	7,50	3,00	0,9988	109
35	0,424	10,00	424	7,50	3,50	0,7068	117
40	0,324	10,00	324	7,50	3,85	0,6842	129
45	0,221	10,00	221	7,50	4,25	0,5673	140
1.10	0,134	10,00	134	7,50	4,48	0,5621	147
			Essais n° 3.				
50	0,514	10,00	514	7,50	3,20	1,4142	135,0
55	0,394	10,00	394	7,50	3,90	1,2765	144,5
1.07	0,309	10,00	309	7,50	4,05	1,2251	145,4
1.15	0,214	10,00	214	7,50	4,22	0,9929	152,0
2.25	0,095	10,00	95	7,50	4,40	0,9802	174,5
			Essais n° 4.				
1	0,344	10,00	344	23,30	22,40	1,1508	137
1	0,352	10,00	352	29,15	27,80	1,1605	135

Dans les essais n° 1, l'électrolyte renfermait 3 pour 100 d'acide chlorhydrique libre. La tension atteignait 0,2 à 0,4 volt. Pour les deux premiers essais la densité de courant était trop élevée et l'or n'adhérait pas. Les valeurs élevées du rendement s'expliquent par ce fait que le calcul de l'or déposé théoriquement s'est fait en prenant l'or comme trivalent en solution de chlorure alors qu'en réalité une partie se trouve à l'état monovalent. Le rendement est d'autant plus élevé que la densité de courant est plus faible.

Dans les essais n° 2, l'électrolyte renfermait 30^g de chlorure de sodium et 7^g,5 d'or par litre. Par suite d'une meilleure conductibilité, la tension était plus faible que dans les essais n° 1.

L'or déposé était beaucoup plus solide que dans les essais précédents, surtout aux faibles densités de courant. On constate que les rendements sont plus faibles, mais qu'il est emprunté moins d'or à l'électrolyte.

Pour les essais n° 3, les solutions étaient semblables à celles des essais n° 1, mais immobilisées par addition de kieselguhr (1^g pour 150^g d'eau) afin d'éloigner les bulles d'hydrogène et de rendre le précipité plus dense. La qualité du dépôt était ici meilleure que dans les essais n° 1, mais il était cependant moins solide que dans les essais n° 2. Souvent, de petites particules d'or sont arrachées par le kieselguhr, de sorte que le rendement est affaibli. En outre, le dépôt renferme un peu de kieselguhr.

Les derniers essais (n° 4) sont faits avec des solutions d'or concentrées, renfermant 30^g d'acide chlorhydrique libre et, en outre, pour le deuxième essai de la série, 200^g de chlorure de sodium. La tension était à 0,2 volt dans ce dernier cas et de 0,3 volt dans l'autre. La perte en or des solutions est relativement moindre ici mais reste sensiblement la même en valeur absolue que dans les autres séries.

Dans le dernier cas, le rendement est presque le même qu'avec les solutions étendues; mais ce rendement est beaucoup plus faible dans l'avant-dernier cas. Le dépôt d'or est beaucoup plus dense et plus solide avec les solutions concentrées qu'avec les solutions étendues.

Dans la figure 4 on a représenté la variation du rendement en fonction de la densité de courant pour les



essais n° 1 (courbe A) et n° 2 (courbe B). Ces rendements si élevés proviennent de ce que les solutions renferment non seulement de l'or trivalent à l'état de chlorure $AuCl^3$, mais encore de l'or sous forme d'acide chloraurique $HAuCl^4$ ou de chloraurate de sodium par exemple. Ces combinaisons complexes fournissent comme cathions H ou Na et comme anion $AuCl^4$. Celui-ci se dédouble facilement en chore et $AuCl^3$ qui se décompose en ses éléments. Mais Wohlwil a montré que l'or d'une anode ne peut entrer en solution que s'il peut se former la combinaison complexe $HAuCl^4$ ou $NaAuCl^4$, c'est-à-dire que s'il peut se former l'anion $AuCl^4$. Dans tous les cas, par conséquent, l'or est séparé par action secondaire à la cathode. Aussi trouve-t-on plus d'or déposé que ce qui correspond à l'équivalent $\frac{Au}{3}$. A l'anode il est certain que l'or vient en solution à l'état de chlorure. Ce chlorure AuCl se décompose comme l'a montré Wohlwill d'après l'équation $3AuCl = AuCl^3 + 2Au$. La décomposition de ce corps à l'anode n'est pas complète, une partie des ions d'or monovalents vient jusqu'à la cathode pour s'y décharger. Le nombre des ions d'or monovalents envoyés en solution par l'anode dépend beaucoup de la densité du courant, ainsi que le montrent les essais. La formation de ces ions monovalents est d'autant plus grande que la densité de courant est faible, aussi est-ce pour les faibles intensités que l'excédent d'or déposé est le plus important. D'après Wohlwill, avec la densité de 300 ampères par mètre carré on obtient presque la valeur correspondant à l'or trivalent, tandis que pour 1 ampère par mètre carré on atteint celle correspondant à l'or monovalent.

Ces expériences montrent que le raffinage de l'or brut peut être obtenu avec des plaques de charbon. Mais, dans ce cas, les solutions de cyanure de potassium sont inutilisables; il faut opérer en solution chlorhydrique de chlorure d'or. Les solutions de cyanure employées en pratique renferment, outre l'or, de grandes quantités d'argent, un peu de cuivre, de plomb et de fer. Ces métaux se retrouvent par conséquent dans l'or brut. Pendant le raffinage électrolytique, avec une faible tension, l'or seul se dépose à la cathode. L'argent se précipite dans la cuve à l'état de chlorure, le plomb s'oxyde et passe aussi dans les boues. Quant au cuivre et au fer, ils se dissolvent mais ne se déposent pas à la cathode. On obtient donc de l'or extrêmement pur.

De ces essais, il résulte encore que les anodes en plomb proposées par Andreoli sont à rejeter pour l'électrolyse en solution étendue de cyanure, que l'électrolyse de telles solutions d'or se fait avec un rendement très faible (en moyenne inférieur à 1 pour 100), et que les électrodes en charbon de bonne qualité se comportent bien et peuvent remplacer les cathodes en plomb.

L'emploi des électrodes en charbon devient nécessaire si l'on veut raffiner directement l'or brut en solution acide de chlorure d'or.

Dans les solutions d'or additionnées de sels conducteurs, on obtient des rendements très élevés aux faibles densités de courant.

Un tel procédé dispense du traitement des électrodes de plomb qui ne peuvent renfermer que 2 à 12 pour 100 d'or. Il permet en outre d'obtenir, au lieu d'or à $\frac{800}{1000}$ à $\frac{900}{1000}$, un or fin à $\frac{988}{1000}$. L. J.

DIVERS.

Sur le voltamètre à gaz tonnant avec électrodes de nickel et la formation du peroxyde de nickel,

par H. RIESENFELD (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XII, 17 août 1906, p. 621). — Dans un voltamètre fonctionnant avec électrodes de nickel, on constate que la quantité de gaz tonnant dégagé est plus faible que la quantité théorique, et cela d'autant plus que le courant est plus faible et que les électrodes ont une surface plus grande.

Ce phénomène s'explique non seulement par l'action catalytique du nickel sur la formation de l'eau, mais encore par la dissolution du nickel dans les lessives de soude et son oxydation à l'anode.

On constate en effet que cette anode se recouvre d'une couche brun foncé.

Pour déterminer quel oxyde se forme dans ces conditions, l'auteur a soumis à l'électrolyse l'hydroxyde $Ni(OH)^2$ en présence du sulfate de soude et de soude libre. L'anode en platine plongeait entièrement dans le précipité; la cathode également en platine se trouvait dans un vase poreux. L'hydroxyde vert se transformait en peroxyde brun foncé. La solubilité de l'hydroxyde dans la soude était mise en évidence par ce fait qu'il se déposait du nickel à la cathode.

Une autre preuve de cette solubilité est qu'on peut constater la présence du nickel en solution dans l'électrolyte. Le sulfhydrate d'ammoniaque y donne en effet le précipité noir de sulfure NiS.

La transformation de l'hydroxyde en peroxyde se fait d'autant plus rapidement que l'intensité de courant est élevée et que l'agitation se fait mieux, de façon à amener le précipité en contact avec l'anode.

L'analyse montre que l'oxyde noir foncé séché à 100° C. a pour formule $Ni^2O^3, 2H^2O$. Après séchage à 200°-220° C. il se transforme en l'hydrate $Ni^2O^3, 2H^2O$. L. J.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

RAYONS RŒNTGEN.

Sur l'état actuel de la technique des rayons Rœntgen, par J.-F. KOCH. Rapport présenté le 18 janvier 1906 à la Dresdener Elektrotechnischer Verein (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 26 juillet 1906, p. 705). — Depuis dix ans, époque de la découverte de Rœntgen, peu de progrès ont été faits dans les procédés techniques pour obtenir les rayons X. Du côté de la bobine de Ruhmkorff la construction était déjà très avancée et il s'est fait peu de modifications; cependant deux nouveaux interrupteurs ont réalisé un véritable progrès : le Wehnelt et l'interrupteur à turbines. L'interrupteur Wehnelt, en particulier, a permis d'augmenter beaucoup la puissance des bobines. Lorsque la bobine employée est bien proportionnée à l'interrupteur et au courant, l'interrupteur électrolytique donne un fonctionnement parfaitement sûr, une tension de *fermeture* assez basse et une dépense modérée dans l'ampoule cathodique. Les bobines dont le primaire est sectionné de façon à donner une self-induction variable sont le complément nécessaire de Wehnelt.

La bobine ne s'est pas perfectionnée, comme on pourrait s'y attendre, devant les progrès de l'électrotechnique. « *La bobine,* dit l'auteur, *n'est pas autre chose qu'un transformateur et doit être traitée comme un transformateur.* » Les tubes les plus durs que l'on construit actuellement ont une tension équivalente au plus égale à 25^{cm} ou 30^{cm} d'étincelles. L'augmentation de la longueur d'étincelles de la bobine est donc une faute au delà de certaines limites et conduit à ce résultat, qu'une grande partie de l'énergie est dépensée dans la bobine elle-même; si l'on veut augmenter la puissance disponible, il faut augmenter les dimensions de la bobine, mais sans élever la tension secondaire. La puissance d'une bobine dépend essentiellement de la quantité de fer qu'elle renferme; il faut, si l'on peut dire, une *grande capacité magnétique;* les autres facteurs : saturation, résistance ohmique, agissent seulement sur les pertes. Pour un tube dont la tension ou la longueur d'étincelles équivalente est donnée, il y a seulement à considérer la chute de potentiel dans la bobine et à la faire aussi petite que possible. Les bobines de construction ancienne donnent avec les tubes ordinaires des chutes de potentiel considérables et un mauvais rendement; on doit, pour augmenter la puissance dépensée dans le tube, prendre une bobine proportionnellement grosse par rapport à sa longueur d'étincelles.

L'emploi direct du courant alternatif pour actionner les ampoules de Rœntgen n'est pas inférieur à celui du courant continu lorsqu'on choisit convenablement les moyens.

L'interrupteur Wehnelt est si fortement dissymétrique qu'il agit comme interrupteur seulement dans un sens; lorsque l'électrolyte est convenablement refroidi par une circulation d'eau, cet appareil fournit une solution assez simple et n'exigeant pas trop d'attention.

Les interrupteurs turbines avec moteurs synchrones n'ont pas réussi à se faire admettre par les médecins, ils exigent trop de soins.

Les redresseurs de courant avec contacts en platine sont plus répandus. L'auteur cite un modèle qu'il construit depuis quatre ans (*fig.* 1), et dont plusieurs exemplaires fonctionnent encore avec les contacts en platine du début.

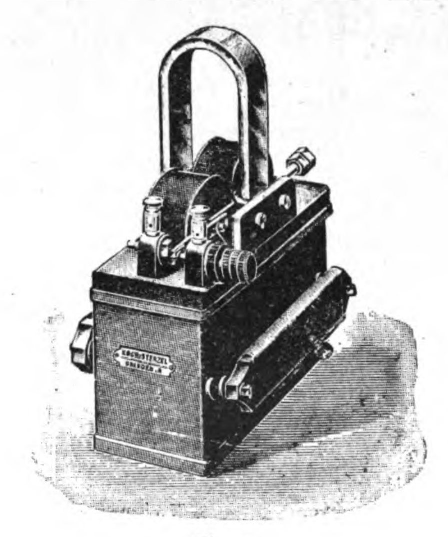


Fig. 1.

Dès 1903, l'auteur fit des recherches pour employer les transformateurs à noyau de fer fermé et éviter l'usage des interrupteurs primaires. Une première disposition, décrite dans *Annalen der Physik,* t. XIV, 16 avril 1904, est un redresseur de courant à haute tension à l'aide d'un commutateur synchrone. Cet appareil a donné de bons résultats, mais est abandonné depuis, à cause de la difficulté de conserver le commutateur en bon état en présence de l'acide nitrique produit par les décharges.

Un autre dispositif est représenté figure 2; il est basé sur les propriétés des clapets électrolytiques. L'alternateur G est relié à une bobine de self-induction L, à un rhéostat R et au primaire P de la bobine. Un clapet électrolytique C est branché en dérivation sur le primaire.

Il semble que la présence du clapet C doit réduire le courant dans le primaire P à une demi-onde par période et que, par conséquent, la tension secondaire est

alternative et représentée par la courbe pointillée de la figure 3 *a*; cela serait le cas si le clapet était en série avec le primaire. Comme le clapet est placé en dérivation, il agit comme un court-circuit pour toutes les

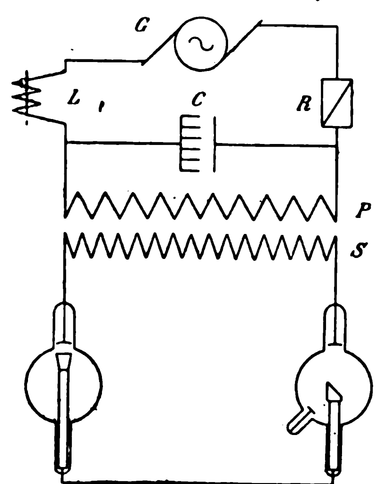


Fig. 2.

tensions agissant dans un certain sens: il en résulte que les forces électromotrices de self-induction développées dans le primaire deviennent très dissymétriques et

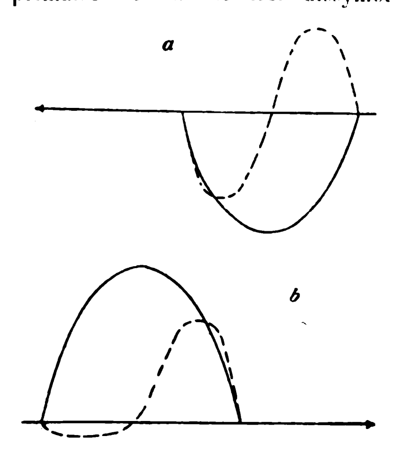


Fig. 3.

prennent la forme indiquée par la courbe pointillée de la figure 3*b*; or, comme les forces électromotrices primaires et secondaires sont toujours dans un rapport constant, on obtient, au secondaire, une série de décharges de même sens.

Pour augmenter l'effet produit, l'auteur se sert de la capacité que présente le clapet dans la direction où la résistance au passage du courant est la plus grande, et il cherche, en réglant la self-induction L, a obtenir la résonance. Le clapet à haute tension, ou soupape cathodique, mis en série avec l'ampoule, aide à supprimer le courant de sens inverse que le clapet C avait laissé développer. Le clapet à haute tension de Koch et Sterzel, représenté par les figures 4 et 5, repose sur le même principe que le tube bicathodique de la figure 6. Une électrode, creuse et polie, est fixée en face d'une

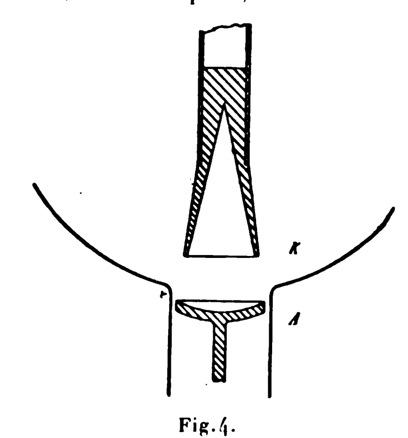


Fig. 4.

autre électrode ayant la forme d'un entonnoir. Quand l'électrode creuse A est anode et l'entonnoir B cathode,

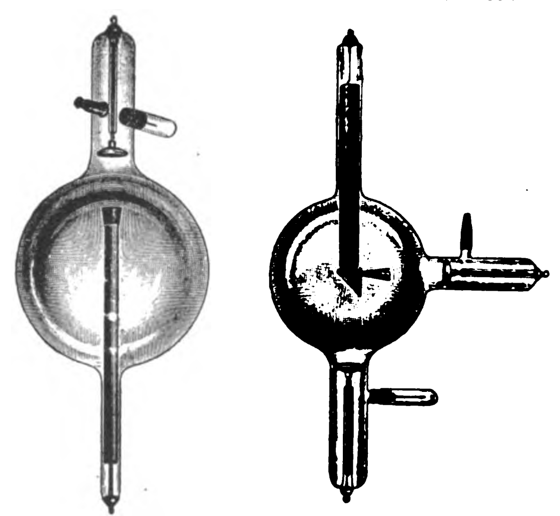


Fig. 5 et 6.

le courant à haute tension passe facilement. Si, au contraire, le sens du courant est inversé, les rayons cathodiques émis par A vont se concentrer au fond de l'entonnoir K, c'est-à-dire au foyer de A, et dans ce cas, les électrons ayant un chemin plus long à parcourir, la chute de potentiel à la cathode augmente et le courant passe plus difficilement : l'appareil est dissymétrique et agit comme un clapet.

L'installation faite d'après le schéma de la figure 2 fonctionne, paraît-il, parfaitement; la lumière émise par l'ampoule est très régulière, on n'entend aucun bruit et il n'y a aucun organe en mouvement. Les temps de pose sont très courts, relativement à ceux qui sont nécessaires avec les bobines.

La maison Gaiffe emploie un dispositif différent : la bobine d'induction est remplacée par un transformateur à circuit magnétique fermé (*fig.* 7). Une des alternances du courant alternatif est mise en court-circuit

par la soupape cathodique U, tandis que l'autre passe facilement dans le tube X. Deux condensateurs, C, C",

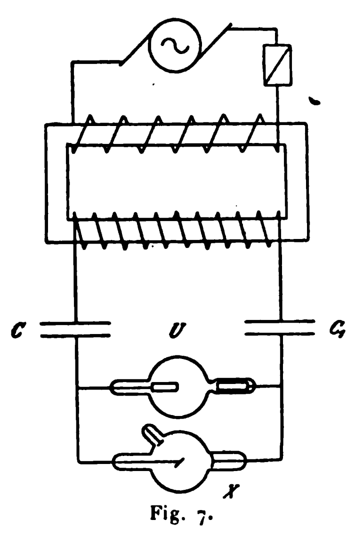


Fig. 7.

coupent le circuit secondaire. (*C'est le dispositif expérimenté dès* 1900 *par M. Villard*). Cette disposition n'est pas employée en Allemagne, mais très répandue en Angleterre où l'auteur l'a vue fonctionner et trouve que la lumière émise est moins stable que celle de son appareil; il reconnaît cependant que le système employé par Gaiffe est avantageux pour les médecins auxquels il permet d'obtenir facilement des courants de haute fréquence.

La figure 8 montre le dispositif de Walter, construit

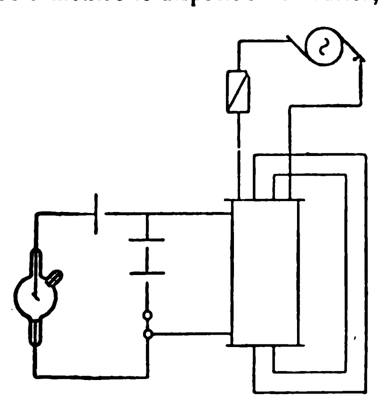


Fig. 8.

par Seifert, de Hambourg. Une bobine ordinaire est modifiée par la fermeture du noyau de fer, de façon à former un transformateur plus puissant. La suppression d'une des phases est obtenue en utilisant la dissymétrie de l'excitateur pointe et plateau : on sait que, lorsque la pointe est anode, la résistance à l'étincelle est beaucoup moindre que dans le sens inverse. Cette installa ion est bruyante à cause des étincelles et elle nécessite un réglage continuel.

Une disposition analogue est celle de Max Lévy (*fig.* 9), où une des étincelles est dirigée vers la terre

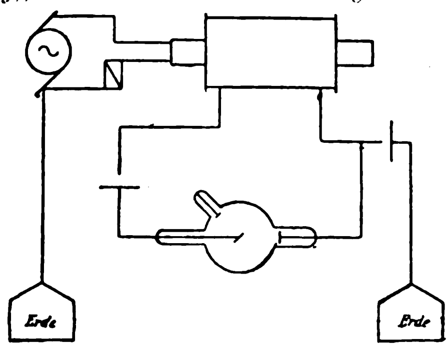


Fig. 9.

(Erde) qui, dans la pensée de M. Max Ling, agit comme une capacité!

L'auteur fit, dès 1903, des mesures du courant dans les ampoules, en employant un milliampèremètre Deprez-d'Arsonval. La mesure du courant a l'avantage d'indiquer le passage des courants inverses et de montrer si le tube varie pendant l'expérience, mais elle ne suffit pas pour les conduits du tube, car le courant moyen n'est qu'un des facteurs; il faut connaître aussi la forme du courant et sa fréquence, de sorte que la mesure de l'intensité moyenne fournit seulement des indications relatives. H. A.

DIVERS.

Sur la résistivité des eaux minérales, par D. NEGREANO (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 23 juillet 1906, p. 257). — L'étude de cette résistivité a conduit l'auteur à un résultat pratique très intéressant : parvenir à différencier une eau minérale naturelle d'une autre ou d'une eau similaire fabriquée artificiellement.

M. Negreano a en effet constaté que l'eau minérale d'une même source possède, à la même température [1], une résistivité caractéristique, qui dépend de sa concentration en matières salines et permet dès lors de différencier une eau minérale naturelle d'une autre également naturelle. Ainsi tandis que la résistivité, à 18°C., de la source Cachat d'Évian est de 1280 ohms-cm, celle de la source n° 6 de Slanic (Roumanie) n'est que de 27,5 ohms-cm.

Quant à la possibilité de différencier une eau naturelle d'une eau artificielle, elle résulte de nombreuses déterminations dont voici deux exemples. La résistivité de l'eau de Vichy, source des Célestins, est de 140 ohms-cm à 18°, tandis que celle d'une eau artificielle similaire n'est que de 112 ohms-cm; pour l'eau d'Évian, source Cachat, on a, comme il est dit plus haut, 1280 ohms-cm, alors que pour une eau artificielle similaire on n'a plus que 1120 ohms-cm.

[1] La résistivité décroît quand la température s'élève; le coefficient de variation varie de 0,019 à 0,027 suivant la nature de l'eau minérale; on peut prendre approximativement 0,02 pour ce coefficient.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES.

Aciers au cuivre. — Parmi les nouveaux types d'acier que produit aujourd'hui la Métallurgie se trouvent des aciers au cuivre. Ces aciers doivent-ils être considérés comme matériaux électrotechniques? C'est ce qu'il serait encore prématuré d'affirmer, les qualités que réclament des aciers les constructeurs électriciens étant surtout d'ordre magnétique et l'étude des propriétés magnétiques des aciers au cuivre n'ayant pas encore été, à ce que nous sachions, entreprise d'une façon systématique. Mais il a été reconnu que ces aciers ont des propriétés mécaniques supérieures à celles des aciers au carbone et qui se rapprochent de celles des aciers au nickel et des aciers au tungstène. Comme ils ont sur ces derniers l'avantage d'un prix moins élevé, il est probable qu'ils ne tarderont pas à recevoir des applications importantes dans la construction mécanique. Aussi avons-nous pensé que les électriciens liront avec intérêt les deux analyses ci-dessous, où sont indiqués les résultats essentiels d'une étude que vient d'en faire M. Pierre Breuil, avec le concours des Forges et Aciéries de Firminy, dans le but spécial de l'application des aciers au cuivre à l'industrie.

Recherches sur les aciers au cuivre, par Pierre Breuil (*Comptes rendus*, t. CXLII, 18 juin 1906, p. 1421-1424). — Les aciers dont il est question dans cette Note et la suivante sont des aciers doux et mi-durs.

Les premiers (série A), au nombre de huit, renferment de 0,103 à 0,173 pour 100 de carbone et une quantité de cuivre variant de 0 à 32 pour 100; leur teneur moyenne en manganèse est de 0,125, en silicium de 0,27, en phosphore de 0,02 et en soufre de 0,015 pour 100.

Les aciers mi-durs (série B) contiennent de 0,282 à 0,412 pour 100 de carbone et de 0 à 32 pour 100 de cuivre; pour les autres éléments la teneur moyenne est la même que celle indiquée pour les précédents.

Les analyses faites en prenant des échantillons au pied et à la tête des lingots montrent que, dans tous, sauf l'acier à 32 pour 100 de cuivre de la série B, le cuivre est uniformément réparti. Tant que la proportion de cuivre ne dépasse pas 4 pour 100, la cassure ne présente aucune coloration; à partir de 8 pour 100, la coloration de la cassure est rouge et d'autant plus intense que la teneur en cuivre est plus grande.

Tous les lingots ne contenant pas plus de 4 pour 100 de cuivre ont pu être laminés, les autres n'ont pu subir ce travail de façonnage; ils étaient rouverains.

La dureté de ces lingots déterminée par la méthode de Brinell croît avec la teneur en cuivre, comme le montrent les chiffres suivants :

Cuivre pour 100.	Aciers doux.	Aciers durs.
0	143	200
0,5	143	195
1	160	207
2	175	250
4	240	280
8	240	360
16	255	311
32	217	variable

L'auteur a également déterminé les points singuliers de ces alliages au moyen du couple Le Chatelier et d'un galvanomètre Callendar; nous ne faisons que signaler ce point de l'étude, les résultats obtenus ne permettant pas de tirer des conclusions fermes pour la série A.

Sur les aciers au cuivre, par Pierre Breuil (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 27 août 1906, p. 377-380). — Dans cette Note, l'auteur indique les résultats de ses essais sur la résistance au choc, la résistance à la torsion, la dureté, la résistance aux agents chimiques et la texture.

Les essais au choc ont montré que l'addition du cuivre, dans des proportions comprises entre 0,5 et 4 pour 100, ne donne que très peu de fragilité aux aciers étudiés.

Des essais de torsion il résulte que le cuivre augmente beaucoup la limite d'élasticité et le moment de rupture; ainsi, tandis que les moments correspondant à la limite d'élasticité et à la rupture sont de 31^{kgm} et 58^{kgm} pour un acier doux sans cuivre, ces moments atteignent 66^{kgm} et 83^{kgm} pour le même acier additionné de 4 pour 100 de cuivre. L'angle de torsion à la rupture est considérablement amoindri quand la teneur en cuivre atteint 4 pour 100, mais pour des teneurs un peu plus faibles il est de l'ordre de celui qu'on trouve avec l'acier sans cuivre; même un acier doux à 1 pour 100 de cuivre présente un angle de torsion de rupture plus grand que le même acier sans cuivre.

Les essais de dureté, faits par la méthode de Brinell avec des billes de 10^{mm} de diamètre pressées avec une force de 3000^{kg}, ont montré que les duretés sont généralement supérieures à celles des aciers au nickel de même carburation et ayant subi le même traitement thermique.

Les essais de corrosion ont été effectués sur des aciers bruts de moulage. Le liquide corrosif était constitué par une dissolution, à volumes égaux, d'eau distillée et



d'acide sulfurique à 66° B.; les échantillons étaient disposés de telle façon que les sels provenant de l'attaque du métal par le liquide ne vinssent pas recouvrir ce métal. Au bout d'un mois, on a déterminé les pertes de poids des échantillons. Ces pertes sont indiquées ci-dessous, en centièmes du poids primitif pour des aciers doux et des aciers mi-durs :

Teneurs en cuivre en centièmes.	Pertes de poids en centièmes.	
	Aciers doux.	Aciers mi-durs.
0	5,23	6,10
0,5	4,40	3,54
1,0	2,80	3,21
2,0	3,01	2,04
4,0	3,34	2,50

Les pertes des aciers au cuivre sont donc considérablement plus faibles que celles des aciers sans cuivre; c'est là une qualité importante analogue à celle que possèdent les aciers au nickel justement réputés à ce point de vue.

L'examen micrographique des aciers au cuivre amène M. Breuil aux conclusions suivantes, qui confirment celles de M. Stead :

« A partir de 4 pour 100 de cuivre, il s'isole dans les lingots des nodules rouges à forte teneur en cuivre, mais le phénomène est d'autant plus marqué que l'acier est plus carburé; ce qui caractérise surtout les aciers au cuivre utilisables (c'est-à-dire jusqu'à 4 pour 100 de cuivre), c'est la finesse de leur structure; ces aciers ont d'autant plus de perlite granulo-sorbitique que la teneur en cuivre est plus élevée; cette sorbite donne de l'homogénéité, de la ténacité et de la dureté au métal; elle paraît en faire un métal de carburation plus haute. Le cuivre se dissolvant dans la ferrite laisse encore à celle-ci beaucoup de malléabilité et, par suite de cette dissolution, le carbone, trouvant la possibilité de former un carbure plus divisé et en plus grande quantité, apporte de ce fait une action durcissante; en conséquence, l'ensemble est à la fois aussi dur que l'acier d'une carburation supérieure, mais est beaucoup moins cassant que lui. »

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — Statistique des usines génératrices en Espagne. — D'après le *Bulletin de la Chambre de commerce française de Madrid,* le nombre des usines productrices d'électricité a pris dans ces dernières années un développement sensible. D'après les statistiques officielles ce nombre s'élevait, en 1904, à 1151, dont 979 ont été fondées avant 1901, 99 en 1902, 70 en 1903 et 3 en 1904. La puissance totale de ces usines s'élève à 99514 kilowatts.

Suivant les usages de l'énergie électrique qu'elles produisent ces usines se groupent de la façon suivante :

	Nombre d'usines.	Puissance. kw
1° Service public :		
Transmission d'énergie....	3	1847
Force motrice et lumière..	114	38144
Lumière..................	670	45577
Traction..................	8	6347
	795	91955
2° Service privé :		
Transmission d'énergie....	8	543
Force motrice et lumière..	34	3329
Palais et hôtels...........	11	251
Éclairage industriel.......	302	3744
Fours et divers...........	1	90
	356	7957

Suivant la nature de la force motrice utilisée on a le classement suivant :

	Nombre d'usines.
Moteurs à vapeur.....................	75
Moteurs hydrauliques............... ..	148
Moteurs à gaz	25
Moteurs à vapeur et hydrauliques	42

Projets d'usines hydrauliques dans le Sud-Afrique. — Nous avons déjà indiqué un projet grandiose envisageant la transmission au Transwaal de l'énergie captée au Zambèze, aux chutes Victoria. Deux autres projets d'installation d'usines hydrauliques nous sont signalés : l'un de MM. Lewis et Marks consiste dans l'aménagement de la Vaal River de manière à créer une faible chute à fort débit comme celle de Jonage; l'autre, de M. G. Jacquier, envisage l'aménagement de la Crocodile River, près Prétoria, et du Zuikerbosch Rand, près Heidelberg.

Concessions de force motrice hydraulique en Nouvelle-Calédonie. — La Société Le Nickel et la Société Le Chrome demandaient toutes deux l'autorisation d'établir des barrages sur la rivière de Yalé, sur la rivière des Lacs et de créer des réserves d'eau dans la Plaine des Lacs. Le Conseil du Contentieux administratif de la Nouvelle-Calédonie a rendu le 12 juillet un jugement par lequel la Société Le Nickel est autorisée à faire les travaux nécessaires pour utiliser la rivière des Lacs à l'alimentation de deux usines, et la Société Le Chrome à utiliser le bassin du Yalé.

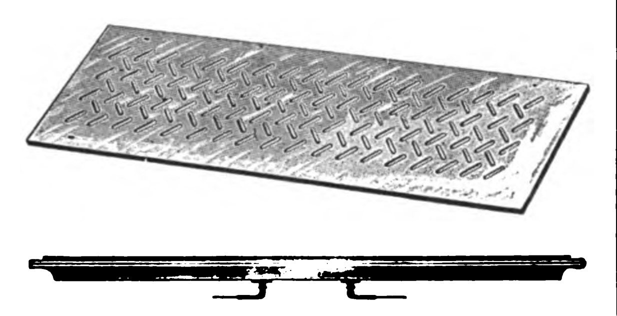
Transmission. — Transmission d'énergie a Londres. — M. Arnold Lupton, membre du Parlement pour l'un des districts du Lincolshire, vient de proposer un moyen radical pour supprimer les inconvénients de la fumée qui rendent le séjour de Londres si désagréable et qui, d'après son estimation, causent annuellement, directement ou indirectement par les brouillards, une dépense de 50000000fr. Ce moyen n'est autre que d'amener à Londres l'énergie électrique en quantité suffisante et à assez bon marché pour pouvoir l'utiliser à l'éclairage, la force motrice et le chauffage dans les ateliers aussi bien que dans les appartements privés. Les usines seraient édifiées dans le voisinage immédiat des mines de charbon du Midland. Le projet prévoit pour le début une dépense de 85000000fr.

Traction. — Projet de chemin de fer suspendu a Berlin. — Il est question de construire un chemin de fer suspendu, comme celui de Barmen, entre Gesundbrunnen Alexander Platz et Rixdorf. Bien que des objections soient faites au point de vue de l'esthétique, le Comité d'initiative a obtenu de la municipalité l'autorisation de construire une ligne d'essais; quatre artistes berlinois ont été chargés de la décoration des constructions métalliques et des gares.

Applications thermiques. — Torréfaction électrique du café. — Suivant *Electrotechnik und Maschinenbau* on a essayé, en Autriche, d'appliquer l'électricité à la torréfaction du café. L'appareil, d'une puissance de 25 kilowatts, comprend un chauffoir à résistance, un agitateur mécanique, un ventilateur pour insuffler l'air chaud et un transporteur. Le café ainsi torréfié a, paraît-il, un arome supérieur à celui torréfié dans les appareils ordinaires au coke; il renferme 19,1 pour 100 de matières solubles dans l'éther et 37 pour 100 de matières solubles dans l'eau alors que dans le café torréfié à la manière ordinaire il n'y a respectivement que 10 et 34,3 pour 100 de ces matières.

Chauffage des voitures de tramways par chaufferettes électriques. — A propos de la note sur ce sujet publiée dans le numéro du 30 avril de ce journal, la Société des anciens Établissements Parvillée frères et Cie nous signale une erreur de détail qui s'est glissée dans cette note. « Le chauffage par chaufferettes électriques des Chemins de fer Nogentais a été effectué, nous écrit-elle, par notre *Société* et non par *MM. Parvillée* en 1900, et nous avons été des premiers à préconiser cette solution que nous avons déjà appliquée sur des milliers de voitures. »

Catalogue. — M. G. Goisot, constructeur, 10, rue Belidor, vient de faire paraître un Catalogue sur les *Chauffrettes électriques*. La figure ci-jointe représente une chauffrette pour chemins de fer et tramways.



Toutes ont une largeur de 14^{cm} et une épaisseur de 15^{mm}; leur longueur varie depuis 25^{cm} jusqu'à 100^{cm} suivant que la consommation de puissance est de 35 à 140 watts; les plaques superieures sont en tôle, en fonte, en cuivre estampé, en cuivre strié, en laiton, en bronze, suivant la série; l'enveloppe est généralement en laiton, toutefois l'une des séries contient une enveloppe en tôle plombée ou galvanisée. Des chauffe-pieds pour bureaux, de construction analogue aux chauffrettes de tramways, sont indiqués comme étant fabriqués en toutes dimensions et pour toutes tensions jusqu'à 600 volts. Le Catalogue montre encore un modèle de radiateur électrique à enveloppe de fonte qui est construit en toutes dimensions depuis $58 \times 24 \times 85^{cm}$ jusqu'à $100 \times 30 \times 105^{cm}$, et pour des puissances de 3 à 10 kilowatts.

Concours. — La Société des Agriculteurs de France annonce qu'un prix agronomique, consistant en un objet d'art, sera décerné, durant la prochaine session de la Société, en 1907, à l'auteur de l'étude la mieux conçue, qui lui sera présentée sur la question de la *production, du transport et de la distribution de l'énergie et de la lumière dans les exploitations rurales au moyen de l'électricité*.

Ce travail devra viser la création ou l'utilisation d'une usine centrale, mue par une chute d'eau ou un autre moteur quelconque, annexe ou non d'une sucrerie, distillerie ou autre usine déjà existante; cette usine produisant, au besoin, l'électricité nécessaire pour transmettre la force et la lumière dans les exploitations rurales avoisinantes.

Cette étude devra être appuyée sur des exemples tirés d'installations déjà existantes et, autant que possible, elle devra viser une application bien déterminée à créer. Dans ce cas, elle en présentera, dans la mesure du possible, les avantages et les difficultés, elle indiquera les prix d'installation et d'exploitation en les mettant en comparaison avec les dépenses des installations antérieures qu'elle serait destinée à remplacer.

Les Mémoires devront être adressés au siège de la Société, 8, rue d'Athènes, à Paris, *au plus tard le* 31 *décembre* 1906.

Les conditions de ce Concours sont :

1° Les Mémoires présentés au concours doivent être manuscrits ou à l'état d'épreuves.

2° Les auteurs ne doivent pas se faire connaître. Chaque manuscrit doit porter une épigraphe ou devise qui sera répétée sur un pli cacheté joint à l'Ouvrage et portant le nom de l'auteur.

Le lauréat qui obtient un objet d'art peut choisir entre cet objet et sa valeur en argent.

Distinctions honorifiques. — Le *Journal officiel* du 13 courant a publié la liste des nominations et promotions faites dans l'Ordre de la Légion d'honneur à l'occasion des Expositions de Saint-Louis, Liége, Lille et Arras. Nous relevons dans cette liste les promotions ou nominations suivantes :

Au grade d'officier :

Compère, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur;

Couriot, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures;

Frager, directeur de la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz;

Harlé, administrateur de la maison Sautter, Harlé et Cie;

Lévy, directeur du Service chimique à l'Observatoire de Montsouris, professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles;

Vester, administrateur-délégué de la Compagnie française des Métaux, à Paris;

Au grade de chevalier :

Azaria, ingénieur des Arts et Manufactures;

Bancelin, administrateur de la Compagnie française de charbons pour l'électricité;

Bethmont, administrateur-délégué de la Société d'Électrométallurgie de Dives;

Clerc, chef d'exploitation des Usines de la Compagnie Edison;

Gouy, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon;

Guntz, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy;

Héroult, administrateur de la Société électrométallurgique de Froges;

Niclausse, ingénieur-constructeur;

Risler, directeur de l'Usine des câbles électriques de Bezons, de la Société industrielle des Téléphones.

Tome VI. **N° 68. — 30 octobre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ALTERNATEURS.

Sur la marche en parallèle des alternateurs, par L. FLEISCHMANN (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXVII, 20 septembre 1906, p. 873-875). — L'auteur s'efforce de prouver qu'un système d'alternateurs fonctionnant en parallèle possède une durée d'oscillation propre qui peut être exprimée comme la durée d'oscillation propre d'une seule dynamo fournissant du courant sur un réseau infini et que, si les oscillations des machines motrices sont de périodes différentes, il peut y avoir deux possibilités de résonance suivant que l'oscillation de l'une ou l'autre des machines tombe d'accord avec la période d'oscillation propre du système.

Les formules employées jusqu'à ce jour pour le cas de résonance entre la durée d'oscillation propre de l'alternateur et la période d'oscillation de la machine motrice supposaient que les machines fonctionnant en parallèle étaient semblables ou qu'elles étaient couplées sur un réseau de puissance infinie.

Dans la pratique, on est amené à coupler en parallèle des machines très différentes au point de vue électrique comme au point de vue mécanique; les formules établies par l'auteur permettent, même dans ce dernier cas, de connaître à l'avance la valeur des oscillations pendulaires du système.

L'auteur examine le cas d'une analogie mécanique et suppose que deux pendules de longueur et de poids différents sont reliés par un ressort pouvant travailler à la compression et à l'extension (*fig.* 1).

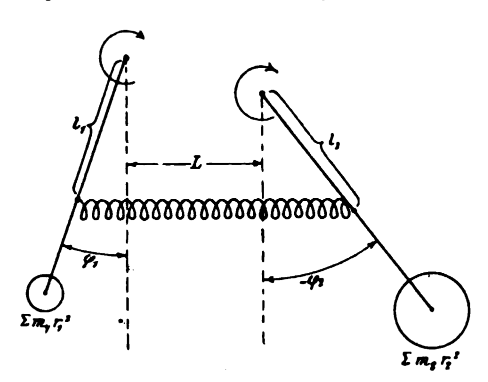


Fig. 1.

Le premier pendule est soumis à un couple $A_1 \sin 2\pi nt$; le second à un couple $A_2 \sin 2\pi mt$.

Sur le pendule I s'exerce, par la tension du ressort un couple

$$Dm_1 = \frac{E}{L}(l_1\varphi_1 - l_2\varphi_2)\, l_1,$$

E_1 étant l'effort exercé par le ressort, L la longueur du ressort lorsqu'il n'est soumis à aucun effort.

Sur le pendule II s'exerce un couple

$$D m_2 = \frac{E}{L}(l_2\varphi_2 - l_1\varphi_1) l_2.$$

Si nous posons

$$\frac{E}{L} l_1^2 = \alpha_1, \qquad \frac{E}{L} l_2^2 = \alpha_2,$$

il vient

$$D m_1 = \alpha_1\varphi_1 - \sqrt{\alpha_1\alpha_2}\,\varphi_2$$

et

$$D m_2 = \alpha_2\varphi_2 - \sqrt{\alpha_1\alpha_2}\,\varphi_1.$$

L'auteur écrit les équations du mouvement des deux pendules et, après quelques transformations, donne la valeur de φ_1 et de φ_2 :

$$\varphi_1 = B_1 \sin 2\pi nt + C_1 \sin 2\pi mt$$

et

$$\varphi_2 = B_2 \sin 2\pi mt + C_2 \sin 2\pi nt.$$

La tension du ressort est proportionnelle à la différence des deux angles et elle peut devenir très grande dans deux cas si

$$2\pi n \quad \text{ou} \quad 2\pi m = \sqrt{\frac{\Sigma m_2 r_2^2 \alpha_1 + \Sigma m_1 r_1^2 \alpha_2}{\Sigma m_1 r_1^2\, \Sigma m_2 r_2^2}};$$

il peut donc y avoir résonance, soit avec l'une, soit avec l'autre impulsion.

Utilisant ces formules pour l'étude de la marche en parallèle, l'auteur remplace les expressions

$$\Sigma m_1 r_1^2 \quad \text{et} \quad \Sigma m_2 r_2^2$$

par

$$\frac{GD_1^2}{4g} \quad \text{et} \quad \frac{GD_2^2}{4g}$$

(moments d'inertie polaires des deux machines).

Il lui faut également trouver des équivalents à α_1

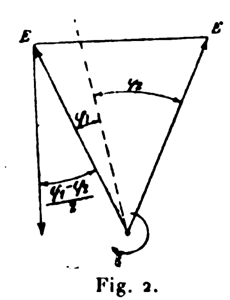


Fig. 2.

et α_2; les vecteurs des tensions des deux alternateurs font entre eux un angle (*fig.* 2)

$$[\varphi'_1 - \varphi'_2].$$

Le courant de circulation est donné par

$$\frac{2E}{x_1 + x_2} \sin\frac{\varphi'_1 - \varphi'_2}{2},$$

si x_1 et x_2 sont les réactances des deux machines.

La puissance de ces courants est pour chaque dynamo

$$\frac{2E^2}{x_1 + x_2} \sin\frac{\varphi'_1 - \varphi'_2}{2} \cos\frac{\varphi'_1 - \varphi'_2}{2} = \frac{E^2}{x_1 + x_2} \sin(\varphi'_1 - \varphi'_2),$$

et pour de petits angles

$$\text{watts} = \frac{E^2}{x_1 + x_2}(\varphi'_1 - \varphi'_2).$$

Si les vitesses des machines sont u_1 et u_2 tours par minute, on a

$$\frac{2\pi u_1 (\text{kgm})_1}{60 \times 75} = W,$$

d'où

$$(\text{kgm})_1 = \frac{E^2}{x_1 + x_2} \frac{(\varphi'_1 - \varphi'_2) 60 \times 75}{736 \, 2\pi u_1},$$

$$(\text{kgm})_2 = \frac{E^2}{x_1 + x^2} \frac{(\varphi'_1 - \varphi'_2) 60 \times 75}{736 \, 2\pi u_2};$$

soient p_1 et p_2 les nombres de paires de pôles des deux machines, $\sim$ la fréquence; nous aurons encore

$$\frac{p_1 u_1}{60} = \frac{p_2 u_2}{60} \sim$$

et

$$p_1\varphi_1 = \varphi'_1, \qquad p_2\varphi_2 = \varphi'_2,$$

en transportant ces valeurs dans les équations du mouvement et après quelques transformations on retrouve, pour

$$\varphi_1 \quad \text{et} \quad \varphi_2,$$

des expressions de la forme

$$\varphi_1 = B'_1 \sin 2\pi nt + C'_1 \sin 2\pi mt,$$
$$\varphi_2 = B'_2 \sin 2\pi mt + C'_2 \sin 2\pi nt.$$

La condition de résonance est maintenant dans le cas d'un réseau infini

$$2\pi n \quad \text{ou} \quad 2\pi m = \sqrt{\frac{E^2 \sim 58,5 . g \times 4}{x_1 GD_1^2 u_1^2}};$$

$\frac{E^2}{x_1}$ est la charge en watts de l'alternateur mis en court-circuit; si nous désignons cette charge par kW_k, nous aurons

$$n \quad \text{ou} \quad m = \frac{241}{u_1}\sqrt{\frac{kW_k \sim}{GD_1^2}},$$

le membre de droite de l'expression ci-dessus est la formule connue donnant le nombre d'oscillations propres d'une dynamo à courants alternatifs.

Le cas de la résonance est évidemment intéressant, mais le calcul des amplitudes des oscillations a une importance tout au moins aussi grande; en conséquence l'auteur étudie l'expression

$$\varphi'_1 - \varphi'_2,$$

et arrive à l'expression

$$\varphi'_1 - \varphi'_2 = -\frac{p_1 A_1 \sin 2\pi nt}{(2\pi)^2 \frac{GD_1^2}{4g}(n^2 - N^2)} + \frac{p_2 A_2 \sin 2\pi mt}{(2\pi)^2 \frac{GD_2^2}{4g}(m^2 - N^2)},$$

ou

$$N = \sqrt{\frac{k W_k . 58000 . \sim . 4g}{(2\pi)^2 GD_1^2 GD_2^2}\left(\frac{GD_2^2}{u_1^2} + \frac{GD_1^2}{u_2^2}\right)},$$

Un cas intéressant est celui où les deux machines sont tout à fait identiques, on a alors :

$$u_1 = u_2, \quad p_1 = p_2, \quad GD_1^2 = GD_2^2,$$
$$x_1 = x_2, \quad A_1 = A_2, \quad m = n,$$

et

$$\varphi'_1 - \varphi'_2 = 0.$$

Cette expression montre que, si les manivelles sont dans la même position, il n'y a pas d'oscillation.

Si les manivelles sont à 180°, on a :

$$\varphi'_1 - \varphi'_2 = -\frac{2pA \sin 2\pi nt}{(2\pi)^2 \frac{GD^2}{4g}(n^2 - N^2)}$$

et

$$N^2 = \frac{E^2 . 58000 . \sim . 4g . 2GD^2}{(2\pi)^2 GD^4 . 2x},$$

ou

$$N = \sqrt{\frac{E^2 . 58000 . \sim . 4g}{x (2\pi)^2 GD^2 n^2}},$$

qui est l'expression donnant le nombre d'oscillations propres d'une dynamo à courants alternatifs.

E. B.

MACHINES A POLES AUXILIAIRES.

Distribution des flux dans une machine avec pôles auxiliaires, par M. BRESLAUER (*E. T. Z.*, t. XXVII, 27 septembre 1906, p. 917). — Dans la discussion de cette question l'auteur montre l'analogie avec les lois de Kirchhoff pour le partage des courants.

Les ampères-tours des pôles principaux sont représentés (*fig.* 1) par les batteries H_1 et H_2, les ampères-

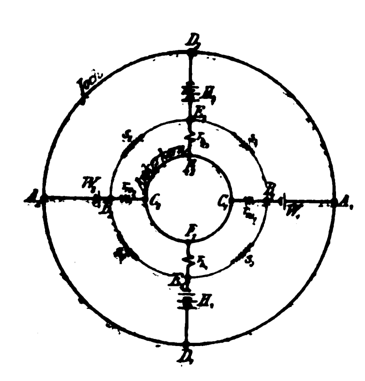


Fig. 1. — *Joch* : culasse; *Ankerkern* : noyau d'induit.

tours des pôles auxiliaires sont représentés par les batteries W_1 et W_2, les résistances pour l'air et les dents par r_{h_1}, r_{h_2} pour les pôles principaux, et r_{w_1}, r_{w_2} pour les pôles auxiliaires.

Le noyau d'induit et la culasse sont remplacés par des fils de résistances négligeables.

Le professeur Pohl suppose que les courants produits par W_1 et par W_2 sont à calculer d'après les résistances d'un quadrant, c'est-à-dire pour l'élément W_1 d'après les résistances r_{w_1} et r_{h_1}; on peut supposer aussi que les forces électromotrices W_1 et W_2 sont fermées sur les résistances r_{w_1} et r_{w_2}. Les deux méthodes doivent conduire au même résultat, car, les fils de jonction étant de résistance négligeable, les seules résistances à faire entrer dans le calcul des courants produits par W_1 ou W_2 sont r_{w_1} ou r_{w_2}, puisque les courants circulant en r_{h_2} ou r_{w_2} sont fournis par H_2 ou par W_2; ceci peut être facilement vérifié sur la figure; en effet, le noyau d'induit comme la culasse peuvent être considérés comme étant au potentiel o; pour le calcul du courant produit par chacune des quatre sources de courant, par exemple par W_1, on ne doit faire intervenir que le circuit A_1C_1, les points A_1 et C_1 étant regardés comme mis en court-circuit.

En ce qui concerne les champs de dispersion, représentés par les résistances s_1 à s_4, l'examen de la figure montre qu'on peut regarder les batteries H_1 et H_2, W_1 et W_2 comme étant tout à fait indépendantes de leurs voisines.

Toute cette discussion est importante, car elle montre que le nombre d'ampères-tours des pôles auxiliaires est à calculer d'après la résistance de l'entrefer et des dents se trouvant sous le pôle et non, comme le prétend le professeur Pohl, d'après cette résistance plus la résistance de l'entrefer et des dents se trouvant sous les pôles principaux.

Sur le nombre de pôles auxiliaires, par M. BRESLAUER (*E. T. Z.*, t. XXVII, 27 septembre 1906, p. 917). — Des essais ont été faits dans le but de réduire le nombre de pôles auxiliaires à la moitié du nombre de pôles principaux et même à réduire ce nombre à 1; ils ont été en partie couronnés de succès, et le professeur Arnold a exposé les avantages à obtenir par cette diminution.

Ce sont naturellement des avantages économiques seulement, mais non des avantages relatifs à la commutation. D'après la théorie d'Arnold, l'avantage principal consiste en ce que la moitié seulement des ampères-tours de l'induit doivent être compensés; d'après les essais du même auteur, il est nécessaire de compenser les $\frac{2}{3}$ de ces ampères-tours; il en résulte encore une économie sensible, car pour un même échauffement, c'est-à-dire pour une même puissance dépensée, le poids de cuivre croît avec le carré des ampères-tours.

Les ampères-tours des pôles auxiliaires doivent compenser les ampères-tours induits et doivent de plus créer un champ destiné à combattre, à annuler les tensions de réactance; si le nombre de pôles auxiliaires est réduit de moitié, le nombre d'ampères-tours destiné à annuler la tension de réactance doit être doublé, d'après Arnold, si toutes les autres conditions restent les mêmes. D'après l'auteur, ce nombre d'ampères-tours doit être plus que doublé pour compenser la dissymétrie résultant de l'emploi d'un nombre réduit de pôles auxiliaires.

L'expérience enseigne que les ampères-tours néces-

saires pour annuler la réactance doivent être les 25 à 30 pour 100 des ampères-tours de compensation, soit

$$AW_2 = 1, \qquad AW_N = 0,25,$$

pour une machine munie du nombre normal de pôles auxiliaires, et

$$AW_2 = 1, \qquad AW_N = 0,5,$$

pour une machine avec un nombre de pôles auxiliaires réduit de moitié; les nombres totaux d'ampères-tours sont donc (pour une machine à quatre pôles) proportionnels à 2,5 dans le premier cas et 1,5 dans le second, ainsi 60 pour 100 environ, ce qui est à peu près d'accord avec les essais d'Arnold, qui a trouvé 65 pour 100 environ; mais cet avantage est seulement apparent, car, si la machine doit conserver la même capacité de surcharge, la section de fer des pôles auxiliaires doit être doublée; il est généralement impossible d'augmenter la largeur de ces pôles, de sorte que leur longueur doit être doublée ou à peu près; car dans le cas le plus favorable, si la largeur peut être augmentée en même temps que la longueur, celle-ci est encore 1,4 fois plus grande que dans le premier cas.

Mais, comme pour un même échauffement le poids de cuivre croît comme le carré de la spire moyenne, les poids totaux seront

$$\overline{1,25}^2 \times 2 \text{ à } \overline{1,5}^2 \times \overline{1,4}^2 = 3,14 \text{ à } 4,5;$$

ainsi le prétendu gain se change en perte; en fait cette perte est encore plus grande que ne l'indique ce calcul.

Le terme AW_N doit être plus que doublé, car dans les espaces interpolaires non occupés par les pôles auxiliaires les ampères-tours induits peuvent librement créer une distorsion du champ principal produisant des tensions de court-circuit supplémentaires qui peuvent être prises comme étant égales à la tension de réactance elle-même, ce qui nécessite encore une augmentation du nombre d'ampères-tours des pôles auxiliaires.

L'examen de toutes ces circonstances permet de se rendre compte que la réduction du nombre des pôles auxiliaires n'apporte pas un gain sur le poids de matières et que, de plus, elle occasionne une insécurité complète du calcul préliminaire, car il est difficile d'évaluer la valeur de la réaction d'induit dans les espaces interpolaires non munis de pôles auxiliaires et il n'est pas douteux que la commutation doit s'effectuer dans de beaucoup moins bonnes conditions.

Les essais du professeur Arnold prouvent peu, car l'emploi de balais en charbon permet d'obtenir le fonctionnement acceptable d'une machine dont la réaction d'induit n'est pas complètement compensée et dont la tension de réactance n'est pas complètement annulée.

Il n'en est pas moins intéressant que l'essai ait été fait et qu'il ait prouvé que, dans certains cas, il est possible de réduire le nombre des pôles auxiliaires ainsi que la dépense de cuivre.

PILES ET ACCUMULATEURS.

Électrodes pour piles primaires. E. HEYMANN (Brevet français 354021 du 6 mai 1905). — Il s'agit ici d'une pile zinc-sulfate de plomb dans laquelle l'électrode dépolarisante au sulfate de plomb est indéfiniment régénérable. Pour cela, l'électrode positive est constituée par un support en plomb antimonieux garni de plomb spongieux (obtenu par réduction des oxydes) mélangé avec un corps plus électronégatif que le plomb, tel que platine, cuivre, argent, charbon de cornue, bioxyde de manganèse.

Lorsque, par suite du fonctionnement de la pile, le sulfate de plomb a été réduit à l'état de plomb métallique spongieux, il suffit de retirer l'électrode et de l'immerger dans un bain d'acide sulfurique pour la sulfater à nouveau grâce au couple formé par le plomb et le corps plus électronégatif qui lui est mélangé.

Au lieu de mélanger ces deux corps on peut également juxtaposer, à l'électrode garnie de plomb spongieux, une plaque du métal plus électronégatif, de façon à constituer, dans l'acide sulfurique, un couple dont on pourra utiliser le courant.

Perfectionnements aux plaques de batteries secondaires. E.-L. OPPERMANN (Brevet français 353103 du 5 avril 1905). — Pour fabriquer la matière active, on mélange, à l'état sec, les oxydes avec des cheveux, des poils, de la laine ou autres matières analogues que l'on réduit en brins très courts (1^{mm} à $1^{mm},5$).

La proportion de ces matières est de 0,5 à 1,5 pour 100 en poids.

Enveloppe de plaques d'accumulateurs. C. JEANTAUD (Brevet français 353894 du 3 mai 1905). — On enroule ici autour de la plaque un ruban, cordonnet ou fil en matière quelconque (soie, viscose, celluloïd, caoutchouc, amiante, etc.) imprégné d'une substance isolante, telle que vaseline, paraffine, goudron, hydrocarbures. Pour bien maintenir la matière dans le bas de la plaque, on peut faire venir de fonte avec la grille deux lames de plomb qui, une fois l'enveloppe posée, viendront se rabattre sur les premières spires.

Calcul de la grandeur des éléments d'une batterie d'accumulateurs pour une capacité donnée quand la décharge s'effectue à intensité variable, par P. FAURE-MUNRO (*L'Industrie électrique*, t. XV, 10 octobre 1906, p. 447). — Cette méthode de calcul est basée sur l'équation de Peukert $I^n T = K$ reliant l'intensité de décharge I au temps de décharge T. L'exposant n varie avec le type d'élément; K est une constante pour un élément de grandeur déterminée.

Soient $I_1, I_2, I_3, \ldots, I_p$ les différentes intensités de décharge, et $t_1, t_2, t_3, \ldots, t_p$ les temps de décharge correspondants.

Si l'on trace, en même temps que le diagramme des intensités I en fonction des temps t, le diagramme avec ces mêmes intensités élevées à la puissance n, l'aire de la surface S limitée par cette dernière ligne sera

$$S = I_1^n t_1 + I_2^n t_2 + I_3^n t_3 + \ldots + I_p^n t_p = \Sigma I^n t,$$

équation qui peut aussi s'écrire

$$S = I_1^n T_1 \frac{t_1}{T_1} + I_2^n T_2 \frac{t_2}{T_2} + \ldots + I_p^n T_p \frac{t_p}{T_p},$$

les temps $T_1, T_2, \ldots, T_p$ représentant les temps de décharge totale aux intensités $I_1, I_2, \ldots, I_p$ maintenues constantes.

D'après l'équation de Peukert, cette dernière équation peut s'écrire

$$S = K\left(\frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2} + \frac{t_3}{T_3} + \ldots + \frac{t_p}{T_p}\right).$$

Comme les différents termes entre parenthèses représentent les différentes fractions de capacité débitée aux différents régimes, pour que l'élément soit déchargé complètement au bout du temps total il faut évidemment que le terme entre parenthèses soit égal à l'unité. D'où

$$K = S = \Sigma I^n t.$$

Il en résulte que, lorsqu'on veut déterminer la grandeur d'un élément capable d'effectuer une décharge correspondant à une courbe donnée d'intensité en fonction du temps, il suffit de tracer la courbe I^n et de déterminer l'aire de la surface limitée par cette courbe pour avoir la constante K qui caractérise l'élément qu'il faut employer. L. J.

USINES ÉLECTRIQUES.

Usines à moteurs à gaz pauvre pour installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, par E.-A. ZIFFER, président du Conseil d'administration des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine, Vienne. (Rapport présenté au Congrès de Milan de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, 17-21 septembre 1906.) — L'emploi des moteurs à gaz pauvre pour la production de l'énergie électrique nécessaire à la traction est encore assez peu répandu : sur le nombre considérable des entreprises de traction affiliées à l'Union, 24 seulement possèdent des usines à gaz pauvre [1]. Toutefois, en raison des avantages que présentent ces moteurs pour les entreprises de moyenne importance, l'Union a chargé M. Ziffer de faire un rapport sur ce sujet; en voici les divers points :

1° Le rapporteur commence par rappeler que les gazogènes peuvent être divisés en trois groupes :

a. Les gazogènes à pression ou à gaz mixte (à eau et à air) dans lesquels le gaz comburant et la vapeur d'eau sont insufflés dans le générateur par un injecteur à vapeur ou un ventilateur tournant, sous une faible pression correspondant aux résistances du générateur et des appareils de lavage;

b. Les gazogènes à aspiration dans lesquels la machine motrice même aspire le gaz hors de l'appareil, l'amenée du mélange d'air et de vapeur étant alors obtenue par suite de la dépression résultant de l'aspiration.

c. Les gazogènes à aspiration et à pression combinées, dans lesquels les gaz sont, d'un côté, aspirés du gazogène et des appareils de lavage par un ventilateur tournant, d'un autre y sont amenés sous pression.

Les gazogènes à pression, les plus anciens, présentent l'inconvénient d'exiger une chaudière à vapeur spéciale; en outre, ils occupent toujours un espace relativement grand par suite de la présence d'un gazomètre. Les gazogènes à aspiration n'ont pas ces inconvénients; ils marchent sans bruit et peuvent, moyennant quelques précautions, fonctionner sans danger aucun dans des bâtiments ou locaux habités, dans des caves, etc. Par contre, ils ne permettent pas l'emploi d'une si grande variété de combustibles que les précédents.

2° Après quelques indications sommaires sur la composition des gaz fournis par un gazogène, le rapporteur s'occupe de leur rendement.

« Le combustible, dit-il, donne par kilogramme de $4^{m^3},5$ à 5^{m^3} d'un gaz de 1100 à 1350 calories par mètre cube; le gaz ainsi produit réclame, en général, l'insufflage de 1^{kg} à 2^{kg} de vapeur d'eau.

» Le rendement du combustible dans de bons gazogènes est en moyenne de 80 pour 100; le rendement calorifique est, d'après les renseignements fournis par Dowson dans une conférence faite à Birmingham, de 30 p. 100, et le rendement du gazogène de 90 pour 100, alors que ces mêmes rendements ne sont que de 15 pour 100 et 70 pour 100 pour les installations à vapeur. La capacité calorifique du gaz est de 160 calories anglaises pour 1000 pieds cubes et les frais de production pour la même installation varient de $0^{fr},16$ à $0^{fr},26$. Les appareils exigent peu d'entretien et consomment en moyenne $0^{m^3},05$ de combustible par cheval utile. En supposant le prix de l'anthracite à $22^{fr},50$ la tonne, il en résulterait un coût du kilowatt-heure de $0^{fr},05$ à $0^{fr},06$. »

3° Le rapporteur établit ensuite les dépenses annuelles pour des installations de force motrice de différents types de 25 et 100 chevaux; elles sont données dans le Tableau ci-après.

Il résulte de là que les dépenses annuelles d'exploitation, pour des installations de moteurs à gaz pauvre, représentent pour 25 chevaux 33,1 pour 100 et pour 100 chevaux 28,6 pour 100 des dépenses d'exploitation par électromoteur [1].

[1] En voici la liste :

1, Lausanne, 400 chevaux; 2, Orléans, 500 ch.; 3, Cassel (Allemagne); 4, Pressbourg et Szalaeyerzag; 5, Altrahlstadt-Valksdorf, près Hambourg;

6, Scheveningue; 7, Hôtel des deux villes, La Haye; 8, Ferme Peck et Cloppenbourg, La Haye; 9, Ferme Slokkink et van Lith, Amsterdam; 10, Watergraafsmeer;

11, Losduinen, près La Haye; 12, Walthamston, près Londres; 13, Brighton Beach-Tramways; 14, Zurich-Oerlikon-Seebach; 15, Barcelone-San-Andrès et Extensions, 800 ch.;

16, Zurichbergbahn, à Zurich; 17, Tramways de Catane; 18, Tramways de Halle, Mersebourg; 19, Poitiers, 250 ch.; 20, Tunis, 600 ch.;

21, Saint-Ouen, 400 ch.; 22, Amsterdam; 23, Nancy, 350 ch.; 24, Chemin de fer électrique de Mödling-Hantersbrühl.

[1] *Ueber Gaskraftanlagen mit Generatorgasbetrieb* (*Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne, année XXIV, fasc. III, 1906, p. 56).

	25 chevaux. Francs.	Pour 100.	100 chevaux. Francs.	Pour 100.
Électromoteur : prix du courant 0fr,10 par kilowatt-heure; rendement, 98 pour 100; intérêt et amortissement, 7,5 pour 100	5244	100	20846	100
Machine à vapeur à grande vitesse : 2kg,25 de charbon par cheval-heure; charbon à 15fr la tonne; 18l d'eau par cheval-heure à 0fr,20 les 1000l; salaires : 19fr par semaine; intérêt et amortissement, 10 pour 100	4334	82,7	12434	59,6
Moteur à gaz : 0m³,46 de gaz d'éclairage par cheval-heure à 0fr,093 par mètre cube; intérêt et amortissement..	3467	66,1	11598	55,6
Moteur de gaz pauvre (gaz de Dowson) : 0kg,45 charbon par cheval-heure à 25fr la tonne; eau, 3l,41 par cheval-heure à 0fr,20 le mètre cube; salaires, 6fr,30 par semaine; intérêt et amortissement à 10 pour 100.	1736	33,1	5968	28,6

4° En résumé, les avantages des installations à gaz pauvre sont : moindre consommation en combustible; simplicité de service; utilisation complète du combustible sans aucune perte; vidange facile en pleine marche; grande élasticité de fonctionnement; grande puissance calorifique; régularité de composition du gaz; enfin, ceci surtout pour la production de la force motrice, économie de plus de 40 pour 100 des moteurs à gaz par rapport aux meilleures machines à vapeur.

« Ces avantages, ajoute M. Ziffer, de même aussi que les grands progrès réalisés dans la combustion des gazogènes et des moteurs à gaz, qu'il n'est plus rare aujourd'hui de voir construire à plus de 1000 chevaux, ont conduit, dans maintes stations centrales d'électricité, à substituer ce nouveau mode de production d'énergie aux anciennes machines à vapeur. »

5° En terminant, le rapporteur appelle l'attention sur le moteur Diesel [1] « qui est, au point de vue économique, supérieur à toutes les machines thermiques, en ce qui concerne la transformation de l'énergie calorifique du combustible brut en travail mécanique [2]. »

MOTEURS A VAPEUR.

Considérations théoriques et pratiques sur les machines à vapeur surchargées, par AIMÉ WITZ (*Bulletin de la Société industrielle du nord de la France*, 1906). — Une des conséquences de la progression continue de la production d'une usine prospère, est qu'à un moment donné le ou les moteurs à vapeur de cette usine deviennent insuffisants. Le plus souvent, en raison du chômage et des dépenses qu'occasionnerait le remplacement de ces moteurs par d'autres plus puissants, l'industriel recule jusqu'à l'extrême limite l'instant où il effectuera ce remplacement et fait fonctionner en surcharge continue les moteurs qu'il possède. D'après M. Witz, il n'est pas rare de rencontrer, dans les usines du Nord, des moteurs d'une puissance nominale de 500 chevaux qui en développent 750, d'autres de 800 chevaux qui en font 1200 et même plus encore, surtout le lundi matin en hiver, alors que l'on demande de l'électricité pour la lumière et que les transmissions et machines froides donnent lieu à des résistances anormales. Nécessairement, cette pratique entraîne une diminution du rendement et une usure rapide qui peut compromettre à bref délai la sécurité de l'installation. Cependant, on peut se demander jusqu'à quel point on peut surcharger une machine bien construite, sans provoquer un gaspillage du combustible et sans augmenter les probabilités aux accidents. C'est à cette question, d'ordre tout à fait pratique, que répond M. Witz dans son Mémoire et, comme nous le verrons, il établit qu'en général la surcharge est limitée plus par des raisons d'économie que par des raisons de sécurité.

1. Avant d'aborder cette question, il convient toutefois de définir ce qu'il faut entendre par puissance nominale d'une machine à vapeur, car, pour ce genre de moteur, plus peut-être encore que pour le moteur électrique, cette puissance est bien mal définie.

On peut être tenté de prendre comme base de cette définition les dimensions de la machine. Le barème de ces dimensions a nécessairement beaucoup changé avec le temps et avec les progrès de la science et de la construction mécanique. Toutefois, sa connaissance donnera une première indication utile si l'on se borne à des machines dont la date de construction ne diffère pas trop, car, comme le montre M. Witz par une série de tableaux où sont indiquées les dimensions calculées par lui il y a quelques années et celles relevées sur de nombreuses machines construites, il y a en général accord entre les dimensions calculées et celles relevées pour une machine de puissance déterminée.

Il est une autre base d'évaluation plus rationnelle : la puissance nominale est celle qui correspond à la moindre dépense de calories par cheval-heure, c'est-à-dire au meilleur rendement thermique.

Cette définition est sensiblement d'accord avec la manière dont les constructeurs évaluent la puissance nominale des moteurs monocylindriques, car cette puissance est calculée en supposant une admission de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$, et il résulte de nombreux essais, en particulier de ceux de Hallauer (1878) et de Delafond (1884), reproduits par M. Witz, que le rendement maximum en travail indiqué a lieu avec une admission voisine de $\frac{1}{10}$ pour des moteurs de ce genre fonctionnant sous une pression d'environ 6atm.

Malheureusement, il n'en est plus de même pour le calcul de la puissance nominale des moteurs à multiple expansion. Pour ces moteurs, les essais montrent que le minimum de consommation par cheval indiqué a lieu pour des admissions inférieures à $\frac{1}{15}$, et cependant, dans leur calcul de la puissance nominale de ces mo-

[1] Un important article sur ce moteur a été récemment publié dans ces colonnes (t. VI, 15 août 1906, p. 65-74).

[2] *Versuche an Dieselmotoren* (*Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt*, Munich, liv. XXIII, année 1906, p. 243).

teurs, ils supposent une admission d'au moins $\frac{1}{15}$ afin de ne pas arriver à des chiffres trop bas.

Il est vrai que, comme le fait remarquer M. Witz, cette manière d'évaluer la puissance nominale se justifie jusqu'à un certain point. En effet, si la puissance indiquée est celle que les constructeurs prennent comme base de classification et de comparaison, c'est en réalité la puissance effective qui, seule, intéresse l'industriel. Comme les longues détentes diminuent le rendement organique du moment, le rendement effectif doit passer par son maximum pour une détente moins longue que celle qui correspond au maximum du rendement indiqué.

Il résulte donc de ces considérations que la puissance nominale d'une machine à vapeur correspond, à très peu près, au maximum de son rendement effectif.

2. Une conséquence immédiate de cette conclusion est que toute surcharge donne lieu à une diminution du rendement. Toutefois, comme la variation d'une fonction est faible dans le voisinage de son maximum, il peut se faire que cette diminution soit peu importante. Or, c'est précisément ce que montrent les résultats des essais déjà cités ainsi que ceux de quelques autres que croit devoir signaler M. Witz.

Par exemple, pour une machine Piguet monocylindrique, d'une puissance nominale de 80 chevaux, la consommation ne varie que de 7 pour 100 quand la puissance indiquée passe de 47 à 86 chevaux. Une autre machine du même constructeur, d'une puissance nominale de 125 chevaux, donne 123 chevaux indiqués avec une admission de 0,06 et une consommation de vapeur à 7 kg : cm² de $7^{kg},5$ par cheval-heure indiqué et 292 chevaux avec une admission de 0,25 et une consommation de 9,300 kg : ch-h ; la puissance s'est accrue de 121 pour 100 alors que la consommation croît de 23 pour 100 à peine. Dans d'autres essais une machine monocylindrique Van der Kerchove, déjà ancienne, développait 185 chevaux et consommait 6,90 kg : ch-h, toutes purges comprises, avec une admission de $\frac{1}{10}$, et 360 chevaux en consommant 7,25 kg : ch-h, avec une admission de $\frac{3}{10}$; la puissance avait augmenté dans le rapport de 1 à 1,95, tandis que la consommation n'avait varié que dans la proportion de 1 à 1,05. Une machine compound, des mêmes constructeurs, a donné lieu à une constatation analogue : sa puissance a pu être amenée de 195 à 275 chevaux, alors que la consommation passait de 5,900 à 6,100 kg : ch-h ; or, il est à noter que les machines compound se prêtent moins aux variations de puissance que les monocylindriques, attendu que le petit cylindre travaille seul quand la charge diminue, alors que, si l'on demande plus de puissance, c'est le grand qui fournit presque seul l'excédent.

Avec une machine compound de 680 chevaux fournie à la Compagnie des Omnibus de Paris par la Société Alsacienne, il a été constaté que la variation de consommation de pleine charge, à 18 pour 100 de surcharge, était presque la même que celle correspondant au passage de la pleine charge à la demi-charge. Enfin, on a pu faire produire, à une machine triplex d'Augsbourg, des puissances indiquées variant de 609 à 717 chevaux, sans relever dans les consommations des différences appréciables.

« Un industriel, conclut alors M. Witz, n'a donc pas à se préoccuper trop d'une surcharge de son moteur s'il se place au seul point de vue de la dépense de vapeur que cette surcharge occasionne ; il s'en préoccupera d'autant moins que la dépense surnuméraire rapportée à la puissance effective est moindre qu'elle ne le paraît quand on ne tient compte que de la puissance indiquée. Donc, si l'on ne considère que la question économique, une machine qui dépasse de 30 pour 100 sa puissance nominale n'est généralement pas à ranger parmi les machines surchargées. »

3. Il ne reste donc qu'à considérer le question de sécurité. Pour y répondre M. Witz examine auparavant jusqu'à quel point on peut augmenter la puissance par une augmentation de l'admission.

Les essais de la machine monocylindrique Piguet, déjà signalés plus haut, montrent qu'en faisant varier l'admission de 0,06 à 0,25, la puissance passe de 104 à 256 chevaux pour une pression de vapeur de 6 kg : cm² et de 123 à 192 chevaux pour une puissance de 7 kg : cm². Des essais faits par M. Delafond donnent des indications du même genre. Pour les machines compound, les résultats d'essais font défaut, mais on peut y suppléer par les indications du Tableau ci-dessous calculé par M. Witz pour une machine de 525 chevaux à 8 kg : cm² de pression et à la vitesse angulaire de 100 t : m.

	Puissance indiquée en chevaux. — Pression de la vapeur.		
Détente totale.	7^{kg}.	8^{kg}.	9^{kg}.
1/16	487	518	550
1/15	490	524	560
1/14	495	532	574
1/13	503	545	593
1/12	516	565	620
1/11	536	595	658
1/10	566	635	708
1/9	607	690	775
1/8	662	760	865

« Ces grandes variations de l'admission ont dû, dit M. Witz, être envisagées par les constructeurs; par conséquent les surcharges considérables qui en résultent ne peuvent pas compromettre la stabilité d'une machine bien calculée.

» Mais nous allons beaucoup plus loin encore : il y a quelques années tous les constructeurs, dont les machines présentaient un agencement cinématique permettant d'admettre à plus de moitié course, faisaient de cet avantage un argument commercial contre leurs concurrents moins heureux qui ne pouvaient pas admettre au delà de $\frac{4}{10}$. Ils avaient donc prévu cette admission aux $\frac{5}{10}$: par suite, les organes de leurs moteurs pouvaient s'en accommoder.

» Ce n'est pas le seul argument à produire : en voici un autre, plus décisif encore. Un allongement de l'admission n'augmente pas l'effort exercé sur le piston et ne compromet par suite ni la tige de piston, ni sa crosse, ni la bielle, ni la manivelle; le couple de torsion exercé sur l'arbre agit plus longtemps, voilà tout, et cela n'intéresse guère que le graissage des paliers.

» Le poids de la jante du volant nécessaire pour donner un degré de régularité déterminé est une fonction

de la puissance, mais seulement au point de vue de la régularité.

» Par suite, une admission plus longue que celle qui a été prévue pour fixer la puissance nominale du moteur ne compromet pas les éléments essentiels de sa stabilité et il y a une large tolérance à accepter à cet égard.

» Si donc l'on a affaire à une machine sérieusement étudiée, largement proportionnée, ne présentant pas de tare cachée, une augmentation d'admission n'est point dangereuse, la pression de la vapeur et la vitesse du moteur restant les mêmes : *sous ces réserves,* une surcharge de 25 à 30 pour 100 et plus encore n'a rien qui doive inquiéter un industriel.

» Cela nous explique comment des machines de 500 chevaux indiqués peuvent en développer 750; de même une machine dite de 800 peut en faire 1200, voire même 1300, à des heures déterminées, lorsqu'il y a un coup de collier à donner. Assurément, ce n'est pas une condition normale de marche continue; la surveillance du mécanicien doit être très active, le graissage des paliers et autres organes doit être suivi de plus près; la consommation de vapeur rapportée au cheval-heure *effectif* augmente quelque peu et l'aléa résultant d'un vice caché quelconque augmente; mais enfin, il n'y a pas de péril en la demeure et le remplacement de la machine ne s'impose pas tout de suite, d'une façon inéluctable. »

4. Toutefois, M. Witz ne conseille pas de se reposer dans une quiétude dangereuse; il estime au contraire qu'il y a lieu d'aviser à mettre fin à une situation, acceptable momentanément, mais qui pourrait à la longue devenir plus grave, et il donne à ce propos les conseils qui suivent :

« La plupart du temps il ne faut point, dit-il, songer à augmenter par un artifice la puissance du moteur : ainsi, nous ne conseillons pas d'augmenter la pression de la vapeur, parce qu'il en résulte une impulsion motrice plus grande, qui peut dépasser la résistance de certains organes, et que d'ailleurs on gagne par ce moyen peu de puissance, et qu'on réalise une faible économie de consommation; nous conseillons rarement d'accélérer la vitesse de régime, parce que la plupart des organes sont soumis ainsi à une épreuve pour laquelle ils n'ont pas été calculés, et que le volant surtout peut se trouver placé dans des conditions dangereuses; lorsque l'on accepte cette solution, on est souvent obligé de changer le volant; en tout cas, c'est une erreur grave de donner plus de vitesse aux transmissions, car il en résulte une aggravation notable des résistances passives en pure perte. Quelques ingénieurs ont, dans les machines compound, suggéré de remplacer le petit cylindre par un autre de diamètre plus fort : j'estime que cette manière de faire est irrationnelle en général, parce qu'on ne modifie pas sans inconvénient le rapport établi entre le volume du petit cylindre et du grand; il en est résulté maintes fois une diminution sensible du rendement thermique; de plus, le couple moteur subit une augmentation, dont il faut envisager toutes les conséquences pour l'ensemble de la machine.

» La surchauffe donne un bénéfice sur la consommation, mais ne fait guère gagner de chevaux, quoi qu'on en ait dit.

» Bref, il est difficile de donner à une machine une capacité qu'elle n'a pas : les moyens sont quelquefois inefficaces, souvent illogiques, presque toujours onéreux.

» Mieux vaut chercher à réduire le travail demandé au moteur; c'est en certaines circonstances plus facile qu'on ne le pense. Ainsi un simple changement d'huiles de graissage peut quelquefois produire un résultat sensible. Une modification des transmissions a conduit en des cas déterminés à des résultats heureux, et notamment la substitution d'un transport d'énergie par l'électricité à une longue ligne d'arbres, plus ou moins bien établis. Le lundi matin, en échelonnant la mise en route des ateliers d'une manière judicieuse, on épargnera au moteur une surcharge accidentelle plus ou moins dangereuse, parce qu'elle est accompagnée de variations brusques, dont l'à-coup peut soumettre le moteur à des efforts considérables.

» Mais bien souvent ces moyens ne conduisent pas au résultat espéré : il convient alors d'adjoindre à la machine à vapeur un petit moteur de secours, qui interviendra dans les moments de trop forte surcharge. Cette solution est la meilleure en bien des cas : le moteur auxiliaire commandera par exemple les dynamos d'éclairage électrique; ou encore, on lui imposera un transport d'énergie pour actionner certains outils à marche plus ou moins intermittente, installés à grande distance de la machine, tels que des monte-charge, des pompes, etc. Le meilleur moteur auxiliaire sera d'ordinaire une turbine à vapeur dont la consommation par cheval-heure effectif sera presque égale à celle de la machine principale; cette consommation peut être estimée à environ $7^{kg},500$ ainsi que nous l'avons constaté pour une turbine de Laval de 250 chevaux, qui bénéficiait de la condensation sans participer à la commande de la pompe à air. Nous n'insisterons pas sur les avantages d'une semblable installation (1) qui présente un caractère très pratique et n'est pas onéreuse.

» Un moteur à gaz peut aussi être employé comme renfort.

» La machine à vapeur principale se trouve ainsi soulagée; sa consommation s'améliore, sa marche devient plus régulière et la sécurité du fonctionnement est largement assurée : les avantages sont nombreux et l'on se dispense de remplacer à grands frais un puissant moteur, qui peut encore rendre de longs et bons services. »

DIVERS.

Contribution à l'étude des courants de Foucault dans les tôles de fer, par A. KUHNS (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 27 septembre 1906, p. 901-906). — Les essais de l'auteur avaient pour but de faire ressortir les avantages obtenus par l'emploi des nouvelles tôles à grande résistance spécifique, et il s'est

(1) A. Witz, *Eine Anwendung der Dampfturbinen* (*Zeitschrift für das Gesamte Turbinenwesen*, 20 mai 1906).



efforcé de séparer les pertes par courants de Foucault des pertes par hystérésis.

Les pertes totales par centimètre cube de fer sont données par la formule de Steinmetz,

$$w = (ap\mathfrak{B}_{max}^{1,6} + bp^2\mathfrak{B}_{max}^2), \quad (1)$$

a et b sont des constantes, p le nombre de périodes du courant alternatif et B_{max} l'induction maximum dans le fer.

En divisant les deux membres de l'égalité par p on a

$$\frac{w}{p} = a\mathfrak{B}_{max}^{1,6} + bp\mathfrak{B}_{max}^2. \quad (2)$$

Par la détermination de la valeur $\frac{w}{p}$ pour une même valeur de $\mathfrak{B}_{max}$ et pour différentes fréquences, il est possible de séparer les deux membres du côté droit de l'égalité (2) et par suite de calculer les valeurs de a et de b.

Il est connu que les termes a et b ne sont pas des constantes, le terme a varie avec la valeur de B et le terme b avec la température de la tôle.

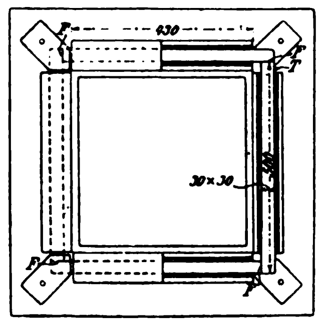


Fig. 1.

La résistance spécifique des tôles de fer ordinaire (tôle dynamo) oscille entre 0,11 et 0,14; celle des échantillons essayés était égale à 0,13 environ, le coefficient de température 0,45 pour 100.

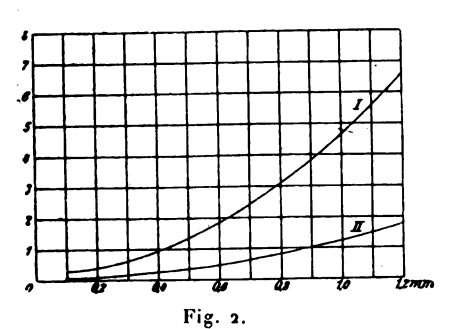


Fig. 2.

La résistance spécifique des tôles spéciales (Capito et Klein Benrath) variait de 0,50 à 0,60, le coefficient de température étant 0,1 pour 100.

Le coefficient d'hystérésis de ces tôles était également très petit, de 0,0007 à 0,0008 contre 0,0011 à 0,0012 dans de bonnes tôles ordinaires pour dynamos.

Les recherches ont été effectuées avec l'appareil d'Epstein (*fig.* 1); la puissance fournie était mesurée par un wattmètre, l'alternateur pouvait fournir des courants de tension variable à volonté à des fréquences également variables de 20 à 60.

Après avoir donné le détail des essais et exposé sa méthode de séparation des pertes, l'auteur donne (*fig.* 2) les courbes des puissances perdues en courants de Foucault, par kilogramme de fer, dans des tôles de $0^{mm},1$ à $1^{mm},2$ d'épaisseur pour $\mathfrak{B}_{max} = 10000$; fréq. $= p = 50$. La courbe I se rapporte à la tôle ordinaire dynamo, la courbe II à la tôle spéciale à grande résistance spécifique.

La diminution des pertes par courants de Foucault résultant de la haute résistance spécifique est considérable et mérite d'attirer l'attention.

Essais viscosimétriques d'huiles minérales ou végétales, par BREUIL (*Bulletin du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers,* 1906, n° 6). — L'appareil employé dans ces essais consistait en deux cuves cylindriques concentriques ; dans la petite était placée l'huile à essayer ; entre les deux, de l'huile chauffée par une rampe à gaz servait à échauffer le cylindre intérieur. Au fond de celui-ci était une ouverture fermée par un robinet à pointeau. On pesait la quantité d'huile qui s'écoulait par cette ouverture en 1 minute et l'on prenait, pour représentation numérique de la viscosité, le rapport $100:q$, où q est la masse en grammes de l'huile écoulée.

Une première série d'essais fut faite sur de l'huile de colza pure, la même huile additionnée de 4 puis de 16 pour 100 de graisse de palmiste, et enfin sur la même huile additionnée de 2,5 pour 100 de paraffine. Du Tableau qui résume ces essais il résulte que la viscosité diminue rapidement et considérablement avec la température (de 175 à 25°, à 13,40 à 199°) et que l'addition de graisse de palmiste ou de paraffine est pour ainsi dire sans action.

Une autre huile de colza de seconde extraction provenant du traitement des tourteaux par le sulfure de carbone a été essayée, naturelle, avec 4 pour 100 de palmiste et avec 5 pour 100 de gomme Para dissoute en elle. La viscosité de l'huile naturelle tombe de 167 à 7,5 quand la température passe de 27° à 198° ; le palmistage n'a pas plus d'action que précédemment ; par contre l'addition de Para augmente notablement la viscosité à chaud, ainsi que divers observateurs l'avaient d'ailleurs reconnu antérieurement.

Parmi les autres essais signalons ceux effectués sur deux huiles minérales d'origine russe. Leur viscosité est beaucoup plus grande que celle des huiles de colza à la température ordinaire, mais perdent cette supériorité au delà de 100°. On n'a pu mesurer leur viscosité au delà de 130° pour l'une, de 143° pour l'autre, ces huiles émettant des vapeurs à ces températures.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS.

Au moment où s'ouvre la session dans laquelle le Conseil municipal est appelé à prendre une décision ferme sur la question du régime futur de l'électricité à Paris, il n'est sans doute pas inutile, par suite même du nombre considérable de documents qui ont été publiés sur ce sujet, d'en résumer rapidement les diverses étapes, de rappeler les diverses solutions qui ont été proposées et d'examiner les quelques questions incidentes qu'elle a soulevées.

I. — Historique de la question.

Entrée dans le domaine des attributions du Conseil municipal, en 1889, lors des autorisations données aux Secteurs, la question de l'électricité a été depuis souvent portée à l'ordre du jour des séances de ce Conseil, notamment en 1892, 1897 et 1902. Envisagée jusqu'à ces derniers temps comme une simple question d'éclairage, elle s'est trouvée plus ou moins liée à la question du gaz et, comme celle-ci, elle a donné lieu à de nombreuses et retentissantes discussions sur la régie directe, la régie intéressée et la concession.

En 1904, par suite des refus opposés antérieurement par le Conseil municipal aux demandes de prolongation des autorisations accordées aux Secteurs, et en raison de l'expiration relativement prochaine de ces autorisations (avril 1907, août et décembre 1908, suivant les Secteurs), l'Administration préfectorale s'occupa activement de rechercher les moyens d'assurer la fourniture et la distribution de l'énergie électrique dans Paris à partir de 1907. Dès juin 1904 elle demandait aux constructeurs et professeurs étrangers de lui donner leurs avis sur la façon d'assurer ce service la mieux en rapport avec l'état présent de l'industrie électrique et, le 6 août suivant, le Préfet de la Seine instituait une Commission technique (¹) chargée d'examiner les questions relatives au régime futur de l'électricité. Cette Commission, après avoir pris connaissance de diverses études de M. Lauriol, ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la Ville, et des avis reçus par l'Administration, tant des électriciens étrangers que des électriciens français auxquels, sur sa demande, on avait fait appel, chargeait M. Picou de résumer ses travaux, d'exposer ses conclusions dans un Rapport déposé le 11 février 1905 (¹).

(¹) Pour la composition de cette Commission, voir *La Revue électrique*, t. II, 15 septembre 1904, p. 160.

On se souvient sans doute que la Commission, aussi bien que la plupart des personnes consultées, concluaient à la nécessité d'abandonner plus ou moins complètement le régime hétéroclite de production et de distribution actuellement en usage, mais étaient d'avis que la substitution du régime nouveau au régime ancien ne pouvait être pratiquement effectuée dans le peu de temps restant à courir jusqu'à l'expiration des concessions. Un régime transitoire était donc nécessaire, et l'Administration préfectorale s'adressait immédiatement aux six Secteurs desservant Paris pour leur demander dans quelles conditions ils pourraient assurer le régime provisoire. Trois seulement répondirent, et encore leurs conditions étaient-elles manifestement inacceptables.

Mais, pendant ces négociations, l'Administration recevait quatre propositions déchargeant la Ville des soucis de la période de transition; l'une, émanant de la Compagnie Continentale Edison, envisageait l'exploitation de toute la partie de Paris située sur la rive droite de la Seine; deux autres, faites par la Compagnie Est-Lumière et par le Secteur de la Rive gauche, se rapportaient à la rive gauche, enfin, la quatrième, due à MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie, assurait la distribution dans tout Paris, à partir des dates d'expiration des autorisations actuelles des Secteurs (²). En raison de l'uniformité d'exploita-

(¹) On trouvera dans *La Revue électrique*, t. III, 15 mars 1906, p. 129 à 154, une reproduction intégrale du Rapport de M. Lauriol, une analyse détaillée du Rapport de M. Picou et deux Notes de M. Sabourel et de M. Blondel, membres de la Commission, ainsi que des analyses plus ou moins succinctes des avis reçus par l'Administration avant le 1er janvier 1905, du professeur Eric Gerard, des Établissements Siemens-Schuckert, de l'Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft, de la Maison Brown-Boveri, de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé, de la Compagnie générale d'Électricité de Creil, enfin de la Société Gramme. Trois autres avis, parvenus ultérieurement, ont été analysés, t. IV, 15 décembre 1905, p. 543-345; ce sont ceux de la Maison Sautter, Harlé et Cie, de la Maison Schneider et Cie, et de la Société parisienne pour l'industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques.

(²) Ces quatre propositions ainsi que les réponses faites par les trois Secteurs au sujet de la période transitoire ont été discutées dans un Rapport de M. Lauriol reproduit intégralement dans *La Revue électrique*, t. II, 15 déc. 1905, p. 331-343.



tion qu'elle permettrait d'obtenir au bout de quelques années, des avantages financiers qu'elle procurerait à la Ville, de l'abaissement considérable des tarifs de vente qu'elle promettait, cette dernière proposition fut particulièrement bien accueillie par l'Administration et c'est elle que le Préfet de la Seine recommandait à l'attention du Conseil municipal dans son Mémoire du 8 novembre 1905.

Malgré les avantages évidents que comportait la proposition Schneider-Mildé par rapport aux trois autres, le Conseil municipal, dans sa séance du 27 décembre, ne crut pas devoir se prononcer sur elle sans avoir provoqué de nouvelles propositions. Un appel dans ce sens fut publié le 8 janvier 1906 et indiquait comme limite extrême le 1er mars pour le dépôt des pièces et documents. Onze propositions nouvelles, sans compter celle de MM. Schneider et Mildé apportant quelques modifications de détail à leur proposition antérieure, furent adressées à l'Administration, mais neuf d'entre elles furent immédiatement écartées comme trop incomplètes [1], et dans son Mémoire au Conseil municipal, en date du 26 mars, le Préfet de la Seine ne retenait que les propositions Coizeau, Sciama et Schneider-Mildé. Cette dernière n'avait pas, d'ailleurs, cessé de lui paraître la plus avantageuse, car il terminait son Mémoire en ces termes : « Comme l'urgence d'une décision est impérieuse, que de nouvelles études et de nouveaux atermoiements ne pourraient que risquer de mettre la Ville et les consommateurs à la discrétion des Secteurs, je ne puis, tout bien considéré, que persister à recommander à votre acceptation le projet Schneider-Mildé dans lequel le passage de la période transitoire à la période définitive est solutionné sans risque pour la Ville, en même temps que les intérêts de la Ville et ceux des consommateurs sont bien sauvegardés. »

Mais à la suite du dépôt de ce Mémoire la Sous-Commission municipale chargée de la question demanda aux Secteurs « si, en présence des offres qui avaient été faites à la Ville par divers groupements ou diverses Sociétés, les Secteurs ne jugeraient pas utile de faire de leur côté des propositions non plus pour une période transitoire de 5 ans, mais pour une durée un peu plus longue, de 20 ans, qui permettrait d'assurer à la Ville, au public et au personnel des conditions plus favorables ». En présence de cette demande, la Compagnie Continentale Edison reprit la proposition qu'elle avait déposée en 1905 pour l'exploitation de la rive droite et, après l'avoir amendée d'accord avec tous les Secteurs, soumit à l'Administration un nouveau projet. Ce projet a été l'objet d'un Rapport de M. Lauriol et d'un Mémoire du Préfet de la Seine reproduits ici [1], concluant à l'équivalence de ce projet et du projet Schneider-Mildé pour les tarifs de vente et les redevances à la Ville, mais donnant encore la préférence à ce dernier pour les sujétions et tarifs de location de compteurs et branchements imposés aux consommateurs.

Tel était l'état de la question lorsqu'elle vint en discussion, le 23 juillet, devant le Conseil municipal. On sait quel en fut le résultat [2] : l'ajournement à une session ultérieure du vote définitif.

Toutefois, si la discussion n'a pas solutionné définitivement la question, elle a fourni d'utiles indications. Il résulte, en effet, du rejet de la proposition Navarre tendant à « constituer une Commission spéciale pour arrêter les bases du régime futur » que la majorité du Conseil se trouve aujourd'hui suffisamment renseignée sur la question. L'adoption de la proposition Quentin-Bauchard sur le régime futur indique que l'exploitation de l'électricité se fera en régie intéressée et non en régie directe, qu'au point de vue technique elle s'effectuera sur les bases indiquées par la Commission technique, enfin que les redevances à la Ville et les tarifs de vente ne différeront guère de ceux proposés d'une part par les Secteurs et d'autre part par MM. Schneider et Mildé, puisque la proposition convie ces deux demandeurs en concession à se mettre d'accord. Enfin l'adoption de la proposition Arthur Rozier, relative au personnel de l'électricité et celle de la proposition Evain sur l'utilisation éventuelle des forces hydrauliques, montrent que le futur concessionnaire devra tenir compte des revendications du personnel et faire profiter les consommateurs des économies pouvant résulter pour lui de la réalisation du projet de transmission à Paris des forces motrices du Haut-Rhône [3].

L'accord préconisé par M. Quentin-Bauchard entre les Secteurs, d'une part, MM. Schneider et Mildé d'autre part, est, paraît-il, chose faite depuis quelques jours. Sur quelles bases s'est établi cet accord? Est-ce aux dépens des consommateurs, le

[1] L'examen critique de ces diverses propositions se trouve dans un Rapport de M. Lauriol, publié dans cette Revue, t. V, 15 avril 1905, p. 213-218. Par suite de la grève des typographes, la publication de cette Revue ayant été suspendue pendant deux mois, nous n'avons pu donner dans le numéro du 30 avril, comme nous nous le proposions, une analyse de chacun des projets. A vrai dire, la plupart d'entre eux développent surtout des considérations financières qu'il serait impossible de résumer plus nettement que l'a fait M. Lauriol; mais quelques-uns contiennent des considérations techniques intéressantes sur lesquelles nous reviendrons quand l'occasion s'en présentera.

[1] *La Revue électrique*, t. V, 30 avril et 15 mai, p. 245 et p. 274-277.

[2] *La Revue électrique*, t. V, 30 mai 1906, p. 319-320.

[3] Ce projet, présenté par M. Harlé, a été récemment analysé dans cette Revue, t. V, 15 juin 1906, p. 342-350.

projet des Secteurs étant, comme nous l'avons dit, moins avantageux pour ceux-ci que le projet Schneider-Mildé? Est-ce par une dérogation aux recommandations de la Commission technique, MM. Schneider et Mildé acceptant de réaliser ces recommandations, tandis que les Secteurs cherchent naturellement à utiliser le plus possible les moyens de production et de distribution existants? Est-ce enfin par une modification des redevances à la Ville? C'est ce que nous ne saurions dire exactement, chacun des intéressés gardant avec soin le secret sur les conditions de l'accord. Le saurions-nous qu'on ne pourrait d'ailleurs en tirer aucune conclusion relativement à l'acceptation du nouveau projet Schneider-Mildé-Secteurs par le Conseil municipal.

II. — Conséquences d'un ajournement.

Sans être pessimiste et même avec l'espoir d'émettre une hypothèse démentie par les faits, on peut encore envisager un nouvel ajournement du vote définitif. Quelles en seraient les conséquences?

La première serait évidemment d'augmenter la durée de la période transitoire entre le régime actuel et le régime définitif. Il faudrait accorder aux Secteurs une prolongation de leurs autorisations actuelles sur des bases d'autant plus désavantageuses pour la Ville et les consommateurs que l'on serait plus près de la date d'expiration de ces autorisations. Beaucoup pensent que c'est là le but poursuivi par les Secteurs depuis l'origine de la question. C'est fort possible, mais on ne saurait leur reprocher cette attitude : ils ne font ainsi que défendre leurs intérêts.

Une seconde conséquence serait de remettre en question divers projets fort défendables à certains points de vue que les avantages présentés par le projet Schneider avaient fait écarter; nous voulons parler des projets confiant la production de l'énergie électrique à un concessionnaire, la distribution à un autre. La Ville, devenue propriétaire des canalisations, pourrait, en effet, trouver avantageux d'exploiter, par elle-même ou par un concessionnaire, le réseau de distribution et d'acheter à des tiers l'énergie électrique nécessaire à cette exploitation. D'ailleurs le projet de l'Union des Secteurs tient un peu de ces projets, puisqu'il prévoit l'achat du courant à des usines étrangères.

Tant que la question du régime futur de l'électricité n'est pas définitivement tranchée, il est donc permis d'envisager l'une de ces trois éventualités : prolongation des autorisations actuelles, concession de la production sans la distribution ou distribution sans production. A la fin d'avril dernier, c'est-à-dire au moment où le Rapport de M. Lauriol sur 12 projets envoyés à l'Administration municipale sur son appel à la concurrence, venait d'être publié dans ces colonnes, un lecteur anonyme, mais dont la compétence en la matière paraît suffisamment établie par la façon dont elle est traitée, nous adressait un article où se trouvaient indiqués les inconvénients que présenterait, au point de vue des consommateurs, l'adoption de l'une ou l'autre de ces solutions. Les considérations qui y sont développées, presque uniquement d'ordre technique, n'ayant pas cessé d'être intéressantes, et la grève des typographes ayant été l'unique cause pour laquelle il n'a pas été mis sous les yeux de nos lecteurs dès sa réception, nous profiterons de ce que la question est de nouveau à l'ordre du jour des préoccupations des électriciens pour en publier ici la majeure partie. Nous n'avons d'ailleurs aucune critique essentielle à faire à ces considérations et acceptons la responsabilité résultant de l'anonymat de l'auteur. La seule critique de détail que nous ayons à formuler est l'adoption, dans la partie relative à la distribution sans production, d'un chiffre un peu trop élevé pour la somme à payer au producteur par kilowatt de puissance consommée; l'auteur adopte, en effet, le chiffre de 115^{fr} par kilowatt utilisé et par an, indiqué dans la proposition de la Société d'Électricité de Paris; or il résulte, des renseignements qui nous ont été fournis ultérieurement par des producteurs d'électricité, que cette somme peut être abaissée à 70^{fr} et, d'ailleurs, dans sa proposition, M. Faget donne même le chiffre de 60^{fr}. Mais cette modification du chiffre choisi ne modifierait en rien la conclusion à laquelle arrive l'auteur.

« Les projets soumis peuvent, dit notre correspondant, se ranger dans trois classes :

» 1° Projets de production de l'énergie électrique, la distribution étant laissée à d'autres;

» 2° Projets de distribution de l'électricité, la production étant laissée à d'autres ;

» 3° Projets envisageant la production de la distribution par un même concessionnaire.

» La plupart de ces projets, nécessitent une prolongation des concessions actuelles.

» A. Prolongation des autorisations actuelles. — A première vue cette prolongation semble une solution très acceptable. Un examen plus approfondi montre qu'elle rendrait impossible toute organisation rationnelle des services électriques dans Paris, qu'elle serait très onéreuse pour la Ville et pour la population.

» 1. Nul ne peut songer à maintenir l'organisation actuelle : la Commission technique nommée par la Ville s'est nettement prononcée contre son maintien. Par la multiplicité des systèmes de distribution employés, elle est une source d'ennuis et

de dépenses continuels pour les abonnés lors des changements de locaux; les prix payés dans un quartier ne sont plus appliqués dans un autre. La multiplicité des usines augmente les prix de revient et la multiplicité des administrations augmente les frais généraux; ces inconvénients sont en définitive supportés par la population qui paye trop cher et par la Ville qui voit ses redevances et participations aux bénéfices très diminuées.

» L'organisation actuelle remonte à une époque éloignée où la distribution de l'énergie électrique était à ses débuts; on cherchait les meilleurs systèmes de production et de distribution; seul l'éclairage à haut prix semblait profitable et, par conséquent, seuls les quartiers du centre, les grands boulevards semblaient d'une exploitation rémunératrice. De là cette conception, sage pour le temps, qui fut adoptée par le Conseil municipal, de diviser Paris en *parts de gâteau,* afin que chacun eût pignon sur les grands boulevards, et de laisser chaque concessionnaire libre de choisir son système de production et de distribution : Paris devenait un grand laboratoire. Aujourd'hui les progrès sont réalisés, la période des essais est passée, la période industrielle doit commencer. Paris ne peut rester en arrière sur toutes les grandes villes du monde. L'intérêt de la Ville, qui désire un jour pouvoir reprendre l'exploitation en régie directe, est d'imposer à son nouveau concessionnaire un système uniforme de distribution.

» 2. La prolongation des concessions actuelles pendant seulement quelques années entraînerait des dépenses telles que toute réorganisation deviendrait impossible.

» Il s'en faut, en effet, que la question soit aussi simple que pour le gaz, dont l'exploitation est organisée suivant un plan uniforme et définitif, ou pour une ligne de tramways où les voitures peuvent continuer à rouler pendant quelques années de plus sans entraîner de notables dépenses de premier établissement.

» Les concessions prévoyant que les canalisations feraient retour gratuit à la Ville, celles-ci ont, depuis plusieurs années déjà, été réduites au strict minimum. Elles sont aujourd'hui chargées à refus et l'on ne pourrait y brancher de nouveaux abonnés sans augmenter leur section de cuivre, c'est-à-dire, en réalité, sans les changer; or, une prolongation de concession n'irait pas sans une diminution de prix immédiate et, par conséquent, sans un afflux considérable de nouvelles demandes d'abonnement. La nécessité de nouvelles canalisations, dès le début de la période nouvelle, est donc inéluctable. Les concessionnaires actuels établiraient leur nouveau réseau suivant le système particulier que chacun d'eux a adopté, système qui doit être abandonné aussitôt la prolongation terminée. La dépense serait donc faite en pure perte. Les usines existantes sont également trop faibles; elles pourraient être suppléées par les usines de banlieue vendant le courant en gros, mais des sous-stations de transformation du courant seraient nécessaires, sous-stations qui devraient être abandonnées ou tout au moins modifiées lors de l'adoption du régime définitif; les installations chez les abonnés viendraient encore compliquer la transformation et augmenter les dépenses.

» Les Secteurs ne pourraient supporter ces dépenses en n'ayant pour compensation qu'une prolongation de 4 ou 5 ans. La Ville ou son concessionnaire futur devrait s'engager à participer à l'amortissement des dépenses rendues nécessaires par la prolongation. Si l'on admet que les installations devraient être amorties en 20 ans environ, ce sont les $\frac{15}{20}$ soit les $\frac{3}{4}$ de la dépense qui devront être supportés par l'exploitation future, dépenses faites, nous le répétons, pour des travaux qui devront être abandonnés lors de la réorganisation.

» S'il ne s'agissait que de faibles sommes la question pourrait être envisagée. Mais c'est par dizaines de millions que se chiffreront les travaux. Un fait suffira pour en donner une idée : la Compagnie parisienne de l'Air comprimé (Secteur Popp), a fait à la Ville des propositions dans ce sens. Dans un rapport remarquable discuté à la tribune du Conseil municipal, M. le conseiller Félix Roussel démontra que les finances de la Ville se seraient trouvées engagées pour 25000000^{fr} environ si l'on avait accepté ces propositions. Et, comme il y a 6 Secteurs dans Paris, qu'il aurait été difficile de refuser aux autres ce qui aurait été accordé à l'un d'eux, la dépense aurait pu atteindre 150000000^{fr}.

» Une prolongation de faible durée avec participation à l'amortissement des dépenses engagerait donc l'avenir de façon définitive : les Secteurs seraient maîtres de la situation et pourraient ensuite dicter leurs conditions en ce qui concerne les tarifs de vente notamment.

» Si, d'autre part, la prolongation était accordée sans aucun engagement financier de la Ville, les Secteurs ne pourraient faire les travaux nécessaires; le développement de l'industrie électrique serait paralysé pendant tout le temps de la prolongation au plus grand détriment de la population parisienne et des ouvriers, installateurs électriciens. Tous les quartiers des faubourgs que les Secteurs ont jugé trop peu rémunérateurs pour les canaliser seraient réduits à attendre la fin de cette prolongation pour voir commencer les travaux qu'ils réclament depuis si longtemps.





» 3. Pourrait-on nommer dès maintenant le concessionnaire chargé de l'organisation et de l'exploitation définitives et demander aux Secteurs de continuer leur exploitation pendant le temps de la transformation? Cela offrirait de nombreux inconvénients qui proviendraient du défaut d'unité de la direction ([1]).

» Cette combinaison ne se justifierait, d'ailleurs, que si les Secteurs offraient à la Ville et à la population des avantages plus grands que le concessionnaire définitif. Or on a vu par les documents publiés antérieurement dans ces colonnes que c'est précisément le contraire qui est la vérité : le concessionnaire définitif offre des conditions plus avantageuses que les Secteurs pour toutes les périodes, y compris la période transitoire. Nous avons vu plus haut que ces conditions meilleures se justifient par la réduction des dépenses d'exploitation et surtout des frais généraux.

» La concentration des services de l'électricité dans Paris entre les mains d'un même concessionnaire a fait prononcer le mot de *monopole*. Cette opinion intéressée n'est pas à retenir : la substitution d'un concessionnaire unique à l'organisation hétéroclite actuelle n'aurait d'autre effet que de mettre la Ville et le public en présence d'une seule entreprise au lieu de six ayant chacune ses exigences spéciales; ni le public ni la Ville ne s'en plaindraient.

» B. Production sans distribution. — Cette conception est l'inverse de celle qui a présidé à l'organisation du Service des Eaux à Paris : la Ville capte les sources, amène les eaux à Paris; mais, reconnaissant qu'une administration municipale, astreinte par la législation à des règles très strictes, n'offre pas la souplesse nécessaire pour l'organisation d'un service commercial aussi compliqué que celui dont il s'agit, elle a chargé de ce service une Compagnie concessionnaire qui recrute les abonnés et traite avec eux. La Compagnie fermière reçoit pour sa rémunération une partie des bénéfices.

» Les projets d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris, que nous analysons en ce moment, se chargeraient au contraire de la production du courant et laisseraient à la Ville la charge de la partie la plus difficile : l'organisation commerciale. C'est une difficulté dont la Ville ne pourrait sortir qu'en confiant ce dernier service à un second concessionnaire. Cette complication inutile aurait fatalement pour conséquence d'entraîner une augmentation du prix de revient et, partant, du prix de vente.

» 1. On a prétendu, pour justifier cette organisation irrationnelle, que, si l'on concentrait dans une même usine les machines de production du courant nécessaire aux services des tramways, des chemins de fer, du Métropolitain, en même temps que les machines de production nécessaires aux services de l'éclairage, de la force motrice, etc., on réaliserait des économies telles que l'on pourrait vendre l'électricité à des prix « défiant toute concurrence ».

» C'est inexact pour plusieurs raisons :

» *a*. La charge maximum des usines, la pointe, pour le service de l'éclairage, c'est un fait d'expérience, se produit en hiver, et de 5h à 7h du soir. C'est précisément l'époque et l'heure où se produit le maximum de charge du Métropolitain, notamment, lorsque, leur journée finie, les employés et ouvriers rentrent dans leurs foyers. Les deux maxima se superposent; il faudra donc que la puissance des génératrices soit la même, que les usines soient réunies ou séparées. C'est ce qui se produit partout où cette concentration est réalisée, notamment à Berlin. Il y a une série de groupes dits *d'éclairage* et une autre série de groupes dits *de traction;* c'est comme s'il y avait deux usines distinctes placées côte à côte. Par conséquent, les dépenses du premier établissement ne sont pas diminuées; les charges d'intérêt et d'amortissement qui grèvent si lourdement le prix de revient de l'électricité restent donc les mêmes.

([1]) M. Lauriol dans son Rapport s'exprime ainsi :

« A deux points de vue spéciaux il y a tout avantage à confier à un même exploitant la période transitoire et la période définitive.

» 1° Si les Secteurs traitent avec la Ville la période transitoire seule, ils se réserveront un certain quantum d'avantages. Le concessionnaire unique aura la faculté de les intéresser à l'exploitation du régime définitif et pourra leur accorder moins en ce qui concerne la période transitoire considérée isolément.

» 2° Certains quartiers de Paris ne sont que peu ou pas desservis et désirent à juste titre avoir satisfaction à bref délai. Si l'on traite séparément, avec des exploitants distincts. la période transitoire et la période définitive, il faudra d'avance assigner à la période transitoire une durée déterminée assez longue pour permettre sûrement l'installation du régime définitif. Si l'on n'a affaire qu'à un seul exploitant, il n'y a pas à délimiter d'avance les deux périodes; l'intérêt de l'exploitant le conduira à raccourcir autant que possible la période transitoire. Or les dépenses de premier établissement pendant cette période transitoire risquent de rester en partie inutilisables pour le régime définitif. Raccourcir la période transitoire, c'est donc diminuer les sacrifices à faire pour une certaine somme de satisfaction donnée au public, ou augmenter cette somme de satisfaction pour un sacrifice donné. D'autre part, le même exploitant, chargé des deux périodes. dirigera plus sûrement les travaux de la période transitoire en vue de la période définitive. Les dépenses inutilisées seront moins importantes qu'avec des exploitants distincts ayant des intérêts indépendants. Pour ce second motif, on aura moins de sacrifices pour une même somme de satisfaction donnée au public ou inversement. En résumé, les quartiers jusqu'ici déshérités ont tout spécialement à gagner dans les combinaisons qui comporteraient la fusion des deux périodes. »



» *b*. Il pourrait y avoir un léger avantage dans les dépenses de production si l'on pouvait, en ajoutant la charge traction à la charge lumière, obtenir la pleine charge d'une machine au lieu de faire marcher deux machines à demi-charge. On sait que, dans ces conditions, on peut économiser environ 20 pour 100 de la dépense de combustible : une turbine à vapeur consommant 1^{kg} de charbon par kilowatt-heure produit à pleine charge, en consommera $1^{kg},2$ à mi-charge. Au prix de 20^{fr} la tonne, cela représenterait une économie de $0^{fr},004$ par kilowatt-heure. La consommation du Métropolitain atteindra environ 100000000 kilowatts-heures par an. Si l'on pouvait réaliser une économie de 4 millimes par kilowatt-heure sur toute cette consommation, cela représenterait au total 400000^{fr}. Mais il s'en faut qu'il en soit ainsi : dans une usine importante, il y a toujours plusieurs groupes en marche simultanément à pleine charge, et ce n'est que la machine complémentaire qui marche dans des conditions peu économiques; cette machine complémentaire ne marche qu'une partie du temps et ne produit qu'une faible partie de l'énergie. Dans une usine de l'importance de celle du Métropolitain, c'est à peine si la dixième partie de la production est engendrée dans de mauvaises conditions économiques. Il faut tenir compte qu'il n'est possible de réunir les charges de deux machines que si leur somme est au plus égale à la puissance de la machine qu'on veut utiliser, ce qui ne se présente pas toujours. Pour ces raisons, l'économie ne serait guère que de 20000^{fr} à 25000^{fr} par an, ce qui est insignifiant. Nous verrons d'ailleurs que cette faible économie ne pourrait même pas être réalisée.

» On ne peut songer à économiser sur la main-d'œuvre en proportionnant strictement la durée du travail ou le nombre d'hommes à la marche des machines. Le cahier des charges s'y opposerait, à défaut d'autres conditions.

» 2. La concentration de tous les services de production de l'électricité à Paris dans une seule usine ne serait pas d'ailleurs possible. Un accident entraînerait, dans ces conditions, des conséquences trop graves. Le départ des feeders exigerait des galeries de telles dimensions qu'on serait dans l'impossibilité de transmettre l'énergie engendrée. Tous les électriciens sont d'accord à ce sujet et les travaux de la Commission technique ont pleinement mis en lumière la nécessité de répartir la production entre plusieurs usines. Le cahier des charges imposera certainement la construction de plusieurs usines génératrices afin qu'en cas d'accident à l'une d'elles, ou aux feeders, les autres puissent la suppléer. Dans ces conditions, la faible économie prévue plus haut ne pourrait même pas être réalisée. Du reste, nous verrons plus bas que les considérations tirées des prix de vente offerts confirment ces déductions d'ordre technique.

» Avant, il est bon de faire remarquer une autre conséquence d'une trop grande concentration des services de production : la masse énorme de combustible consommée dans une usine de ce genre entraîne fatalement l'emploi des appareils mécaniques de manutention et de chargement du charbon, et, par conséquent, la diminution du nombre d'ouvriers employés; presque tout se fait automatiquement. On avait espéré ainsi réduire au minimum les dangers de grève. Mais cette automaticité presque absolue n'est obtenue qu'au prix d'une complication plus grande d'organes nombreux; le moindre accident, le plus faible dérangement peut arrêter toute l'usine. En cas de grève, il suffit de la mauvaise volonté des ouvriers mêmes pour produire cet accident. Le fait s'est produit récemment dans l'usine où ces principes d'élimination systématique de la main-d'œuvre humaine sont appliqués à outrance : le *sabottage* d'un seul organe intermédiaire a suffi à paralyser l'usine complètement pendant plusieurs jours. Les voitures du Métropolitain furent arrêtées. On ne saurait admettre que tous les services de traction, d'éclairage, de force motrice, etc., d'une ville comme Paris, soient concentrés dans une seule usine.

» C. Distribution sans production. — Cette combinaison offre peu d'avantages.

» La production de l'électricité est la partie la plus facile du problème; la confier à une Société distincte aurait pour conséquence de rendre l'exploitation moins souple, moins homogène et de rendre des conflits possibles.

» Le producteur devant prendre son bénéfice et le vendeur aussi, les prix de vente au consommateur seraient fatalement plus élevés, à moins que ce double bénéfice fût compensé par une réduction dans le prix de production du courant. Nous avons vu que théoriquement cela n'est pas possible.

» Voyons quelles sont les conditions pratiques qui sont proposées :

» Le producteur construirait à ses frais l'usine génératrice tout entière; il fournirait et poserait les feeders à haute tension entre l'usine et les sous-stations; il fournirait et poserait le matériel des sous-stations. Il exploiterait l'usine, mais n'exploiterait pas les sous-stations.

» La Ville, ou son concessionnaire, fournirait les terrains et les bâtiments des sous-stations, les câbles de distribution, etc., en un mot, tout ce qui constitue un Secteur actuel moins l'usine. Elle exploiterait les sous-stations à ses frais, entretiendrait les canalisations, etc., en un mot, supporterait

toutes les dépenses d'un Secteur actuel qui n'emploie pas de sous-station, sauf les dépenses d'usine.

» Dans ces conditions, elle paierait au producteur : 1° une somme de $7^c,2$ par kilowatt-heure de courant haute tension livré *à l'entrée des sous-stations;* 2° une somme de 115^{fr} par kilowatt de puissance utilisé et par an.

» Les installations nouvelles requises au cours des 20 années du contrat donneraient lieu, de la part de la Ville, à une redevance supplémentaire pour leur amortissement.

» Un kilowatt de puissance demandé étant utilisé en moyenne 1100 heures par an produirait 1100 kilowatts-heures par an. Le prix du kilowatt-heure à l'entrée des sous-stations serait donc de

$$\frac{115}{1100} + 0,072 = 0^{fr},1765.$$

» Pour obtenir le prix de revient du kilowatt-heure livré chez l'abonné, le prix payé par la Ville au producteur doit être majoré pour tenir compte : 1° des pertes dans la transformation et la distribution; 2° des dépenses d'exploitation des sous-stations, d'entretien des canalisations, etc.; 3° des redevances à la Ville.

» Le rendement, entre les sous-stations à courant continu et les compteurs des abonnés, sera le même que pour les Secteurs de cette nature alimentés directement par une usine génératrice sans sous-station, soit d'environ 80 pour 100. Le prix deviendra donc $\frac{0,1765}{0,8} = 0^{fr},2206$. En y ajoutant les frais à la charge de la Ville, le prix du kilowatt-heure fourni aux abonnés atteindra environ de $0^{fr},25$ à $0^{fr},30$, non compris l'intérêt et l'amortissement. Ce prix augmentera rapidement d'année en année par suite des « redevances supplémentaires » pour amortissement prévues ».

» Avec des prix de revient aussi élevés, il serait impossible de vendre l'électricité à bas prix et en tout cas de maintenir des tarifs aussi réduits que ceux proposés dans le projet Schneider-Mildé; dans la journée ou dès la seconde heure quotidienne d'utilisation, les prix de vente seront abaissés à $0^{fr},20$ et $0^{fr},15$ par kilowatt-heure avec des escomptes atteignant 35 pour 100 pour la Ville et 25 pour 100 pour des particuliers, tout en assurant à la Ville des redevances élevées. Encore ce sont des prix maxima qui, dans bien des cas, pour des applications spéciales ou pour la grosse industrie, devront faire place à des prix très réduits que rendrait impossible la combinaison envisagée.

» Avec la distribution par courants alternatifs, les pertes dans les transformateurs deviendraient absolument prohibitives. »

III. — REVENDICATIONS DES EMPLOYÉS ET OUVRIERS.

Nous avons dit que le futur concessionnaire devra, d'après l'un des votes du Conseil municipal, tenir compte des revendications du personnel, revendications pour lesquelles a été faite la grève des électriciens de 1905.

Ces revendications ont été formulées par les trois groupements syndicaux qui représentent sinon la totalité, du moins la grande majorité des employés et ouvriers des Secteurs : l'Union syndicale des employés des Secteurs de Paris, le Syndicat des employés du Secteur électrique de la Rive gauche de Paris, le Syndicat des travailleurs des Industries électriques de la Seine (section des Secteurs électriques). Chacune de ces organisations a établi un programme distinct se rapportant à la catégorie de travailleurs qu'elle représente, et ces programmes ont été réunis dans un cahier adressé le 15 février dernier au préfet de la Seine et aux conseillers municipaux.

Trois points fondamentaux forment la base commune de ces revendications : 1° Maintien intégral du personnel; 2° Assimilation au personnel municipal; 3° Constitution d'une retraite avec effet rétroactif.

En ce qui concerne le premier point les trois groupements syndicaux demandent la reprise intégrale de tout le personnel fixe attaché depuis six mois au moins à l'un quelconque des Secteurs; dans le cas où la nouvelle exploitation entraînerait des suppressions ou des modifications dans les services, les titulaires actuels seraient pourvus d'emplois similaires ou équivalents.

L'assimilation au personnel municipal aura pour conséquence de donner immédiatement au personnel des Secteurs tous les avantages dont jouit le personnel similaire de la Ville en ce qui concerne les salaires ou traitements, les congés et les retraites; toutefois le fait de l'assimilation ne pourra entraîner une diminution du salaire ou du traitement existant s'il dépasse le salaire ou traitement payé par la Ville aux emplois similaires. Il est d'ailleurs fixé des minimums de traitement ou salaire : 150^{fr} par mois pour tout employé majeur, par l'Union des employés; 50^{fr}, 75^{fr}, 100^{fr} et 125^{fr} par mois pour les employés respectivement âgés de 14, 16, 18 et 20 ans, par le Syndicat de la Rive gauche; 180^{fr} par mois pour les ouvriers non commissionnés et 240^{fr} pour les ouvriers commissionnés, par le Syndicat des travailleurs. Le salaire devra d'ailleurs être payé intégralement en cas de maladie ou d'accident survenu même en dehors du service, pendant les congés et pendant les périodes militaires de 28 et 13 jours; le Syndicat des travailleurs demande en outre la journée de 8 heures.



La retraite sera pour tout le personnel, quel que soit le salaire, de 1800fr par an; elle sera complète au bout de 25 ans de services passés dans n'importe quel Secteur, le service militaire étant compté; elle sera proportionnelle à partir de 5 ans de services accomplis, quel que soit le motif de la cessation de services, et sera alors calculée sur la base suivante : 1800fr divisés par 25 et multipliés par le nombre d'années de services; elle sera accordée soit à partir de 55 ans (Union des employés) ou de 50 ans (Syndicat de la Rive gauche), ou sans limite d'âge (Syndicat des Travailleurs); en cas de décès d'un employé la moitié de la retraite acquise (entière ou proportionnelle) sera versée à la veuve, la compagne, les orphelins légitimes ou naturels; enfin la retraite sera rétroactive, c'est-à-dire que les services accomplis dans les Secteurs actuels seront comptés.

Il est évident que l'acquiescement à ces revendications grèvera la future entreprise de lourdes charges. La rétroactivité de la retraite entraîne le versement immédiat de 20 pour 100 du total des appointements et salaires reçus par le personnel actuel des Secteurs; si, comme il est dit, l'ancienneté moyenne de ce personnel est de 10 ans, c'est l'équivalent des dépenses de personnel des six Secteurs actuels pendant 2 ans que le futur concessionnaire ou la Ville devra verser. Quant à la dépense résultant du fonctionnement normal de la caisse des retraites, elle est évaluée à 10 ou 12 pour 100 des salaires ou appointements.

La plupart des demandeurs en concession se sont d'ailleurs préoccupés de ces revendications et ont indiqué dans leurs cahiers des charges les avantages qu'ils assuraient au personnel. Pour ne parler que des deux projets retenus par le Conseil municipal, le projet Schneider-Mildé accordait l'assimilation au personnel municipal et 5 pour 100 sur les bénéfices, le projet de l'Union des Secteurs, moins avantageux pour le personnel, suivant le rapport de M. Lauriol, n'accordait pas l'assimilation, mais prévoyait un versement de 6 pour 100 sur les salaires et traitements acquis depuis la fondation des Secteurs actuels à tout le personnel conservé par la future entreprise en vue d'assurer au moins partiellement la rétroactivité de la retraite.

Mais aucun des deux projets ne donnait satisfaction complète au personnel actuel. Au projet Schneider-Mildé, les groupes syndicaux reprochaient de ne pas s'être prononcé sur le maintien des situations acquises; au projet de l'Union des Secteurs de ne pas assurer catégoriquement ce maintien et de ne pas donner plus d'avantages que ceux déjà appliqués depuis le 1er avril 1905, en vertu des engagements pris au mois de mars précédent à la suite de la grève des électriciens, si ce n'est cependant la rétroactivité de la retraite; mais l'allocation indiquée pour cet usage était vivement critiquée, car la pension de retraite qu'elle permettrait de constituer était bien inférieure à 1800fr; la même critique était faite à l'allocation, également de 6 pour 100 des salaires et traitements, accordée pour le fonctionnement normal de la Caisse des retraites.

Ces critiques furent portées à la connaissance des conseillers municipaux par lettre du 20 juin, puis furent développées et discutées dans un meeting tenu le 3 juillet à l'hôtel des Sociétés savantes. A la suite de ce meeting, MM. Schneider et Mildé consentaient : 1° à garantir la reprise de tous les ouvriers et employés dont les appointements mensuels ne dépassent pas 400fr et de réserver les emplois actuels de 400fr à 700fr par mois tout d'abord au personnel actuel; 2° à maintenir les situations acquises qui, par le fait de l'assimilation, seraient appelées à réduction; 3° à ce que la réglementation du détail de l'assimilation se fît par une Commission mixte; 4° enfin à verser une somme de 7000000fr pour assurer une retraite rétroactive (qui sera de 1200fr environ), en échange du retour à la Compagnie du 5 pour 100 de bénéfices du projet primitif.

Dans un nouveau meeting, tenu le 13 juillet sous la présidence de M. Anatole France, les employés et ouvriers des Secteurs décidèrent qu'il serait demandé que leurs délégués fussent entendus contradictoirement avec les demandeurs en concession devant le Conseil municipal, et qu'aux trois revendications fondamentales indiquées plus haut serait ajoutée celle-ci : insertion dans le cahier des charges d'une clause stipulant la nomination d'une Commission d'arbitrage destinée à trancher les litiges entre le capital et le travail. La réunion contradictoire eut lieu le 21 juillet : MM. Rocher, Doridot et Pataud représentaient le personnel; MM. Mildé et Chaigneau, le groupe Schneider-Mildé, M. Sartiaux, l'Union des Secteurs. Ce dernier confirma les dispositions inscrites dans le cahier des charges du projet des Secteurs : maintien du personnel, versement de 6 pour 100 des salaires acquis pour la création de retraites rétroactives, accepta l'assimilation au personnel municipal avec toutes ses conséquenses, mais ne put prendre d'engagement en ce qui concerne la Commission d'arbitrage. M. Chaigneau déclara accepter l'organisation de cette Commission par la Ville, et rétablit la participation du personnel dans les bénéfices, dans la proportion de 5 pour 100, restant entendu toutefois que le versement immédiat destiné à assurer la rétroactivité des retraites serait prélevé sur cette participation.

On voit donc que déjà au moment où le régime

futur était discuté par le Conseil municipal dans sa séance publique du 23 juillet, l'entente était presque complète entre le personnel et les demandeurs en concession. Il y a par suite lieu d'espérer que la question du personnel ne viendra pas compliquer la prochaine discussion. J. B.

INSTALLATIONS INTÉRIEURES.

Si le plus souvent les installations électriques à l'intérieur des maisons et appartements sont faites avec soin, il arrive parfois aussi, surtout en province, qu'elles sont confiées à des industriels n'ayant aucune connaissance des conditions qu'elles doivent remplir pour assurer complète sécurité. Aussi, le Syndicat professionnel des Industries électriques a-t-il cru devoir rédiger quelques instructions indiquant les règles fondamentales qui doivent être suivies pour la réalisation d'une bonne installation.

Ces Instructions viennent d'être l'objet d'une nouvelle édition [1] sur laquelle nous attirons l'attention de nos lecteurs en en reproduisant quelques parties qui montrent le but pratique en vue duquel elles ont été rédigées:

Instructions concernant la pose des canalisations. — Ces instructions se rapportent au matériel de pose et aux conditions de cette pose.

I. SPÉCIFICATION DU MATÉRIEL DE POSE. — Les moyens employés pour fixer les canalisations devront, au moment de la pose, assurer leur isolation et éviter à la fois toute détérioration des conducteurs.

1° *Moulures.* — Les moulures doivent être en bois sec ou matière isolante; l'intervalle entre les rainures doit avoir au moins 6^{mm} pour permettre le cloutage. La ligne de pose des pointes doit être indiquée sur le couvercle.

Les dimensions des rainures doivent être telles que les fils ou câbles soient parfaitement libres et nullement comprimés.

2° *Taquets.* — Les taquets doivent être de construction telle que les fils soient parfaitement maintenus sans que l'isolant soit détérioré.

3° *Crampons.* — Les crampons ou cavaliers (même isolés) sont interdits.

4° *Tubes protecteurs.* — Les tubes protecteurs ne doivent pas être attaquables par les matières employées pour les scellements et devront avoir une résistance mécanique suffisante pour ne pas être détériorés pendant la pose.

5° *Tubes isolants.* — Ils devront être étanches et ne pas présenter à l'intérieur d'arête vive pouvant endommager l'isolant du conducteur pendant la pose.

6° *Isolateurs.* — On entendra par isolateurs les supports des conducteurs qui devront être en matière isolante, incombustible, indéformable à la chaleur et non hygrométrique. La porcelaine même non entièrement vernissée sera toujours considérée comme non hygrométrique.

Leur forme devra être telle qu'ils ne puissent endommager les conducteurs ou leur isolant.

II. GÉNÉRALITÉS SUR LES CONDITIONS DE POSE. — *Accessibilité, protection.* — Tous les conducteurs et appareils doivent, autant que possible, être accessibles afin qu'on puisse, en tout temps, les contrôler ou les remplacer.

Les câbles sous plomb nu ne doivent jamais être mis en contact immédiat avec des corps qui attaquent le plomb (le plâtre pur n'attaque pas le plomb). Lorsqu'ils sont noyés dans la maçonnerie, ils doivent être protégés. Aux points de fixation, l'enveloppe de plomb ne doit être ni écrasée, ni entamée, l'emploi de crochets ordinaires à tuyaux pour la fixation est donc prohibé.

Connexions, épissures. — Les connexions des lignes avec les tableaux et les appareils ne doivent pas être réalisées par soudures ou ligatures, mais par serrage de vis assurant un contact suffisant.

Les conducteurs ayant plus de 25^{mm^2} de section et tous les câbles devront être pourvus de pièces terminales appropriées ou d'un dispositif équivalent.

L'emploi d'acides ou autres matières actives est interdit pour faire les soudures.

Les épissures ne doivent avoir à supporter aucun effort de traction. Elles seront isolées avec soin, et conformément à la nature de l'isolation des conduites reliées. L'exécution des épissures devra toujours être faite de manière à éviter autant que possible les points faibles dans l'installation.

Les connexions de câbles sous plomb étanche ne peuvent se faire entre eux ou avec d'autres conduites et appareils qu'à l'aide de manchons, boîtes de dérivation ou appareils analogues empêchant l'intrusion de l'humidité.

Traversées des murs, plafonds et planchers. — Pour la traversée des murs, cloisons et planchers, on encastrera des tuyaux isolants et résistants. Pour la traversée verticale des planchers, lesdits fourreaux devront faire saillie d'au moins 15^{cm} du sol.

Les tuyaux isolants devront toujours dépasser d'au moins 5^{mm} les parois ou les tubes de protection.

Quand la traversée se fera vers l'extérieur ou vers un local humide, on ne pourra employer comme tube isolant que la porcelaine, le verre ou des matières analogues, et la disposition du tube devra empêcher l'entrée et l'accumulation de l'eau, ce qui est réalisé, en général, en donnant aux extrémités la forme de pipes.

Pour les traversées, on ne doit mettre, dans un même tube, que des fils de même polarité ou bien de polarité différente à la condition que l'isolation soit dans le dernier cas de 600 mégohms jusqu'à 150 volts et de 1200 mégohms au delà de 150 volts.

III. CONDITIONS DE POSE DES LIGNES. — *Conducteurs nus.* — Les conducteurs nus ne peuvent être montés que sur isolateurs.

Les distances minima admises entre conducteurs nus sont de 5^{cm} par portée de $2^{m},50$.

[1] *Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons, rédigées par la Chambre syndicale des Industries électriques*, brochure de 24 pages, en vente à la librairie Chaix, 20, rue Bergère. Prix : $0^{fr},75$.



L'écartement des conducteurs par rapport aux murs devra être d'au moins 5cm.

Conducteurs isolés. Écartement des murs. — Dans les locaux humides, la distance des conducteurs par rapport aux murs est déterminée par les dimensions des isolateurs admis, mais elle ne devra jamais être inférieure à 15mm.

Écartement des conducteurs entre eux. — Les conducteurs isolés doivent être également écartés les uns des autres, lorsqu'ils sont de polarités différentes; cependant dans les endroits secs, pour les conducteurs souples, on peut, jusqu'à 150 volts, torsader ou poser, dans un même tube, des fils ayant au moins une isolation de 600 mégohms, et, de 150 à 600 volts, des fils ayant une isolation de 1200 mégohms.

Dans le cas où les câbles d'un même circuit sont parcourus par des courants alternatifs, ils doivent être tous contenus dans un même fourreau, si ce fourreau est en fer.

Lorsque, par suite de circonstances particulières, on sera obligé de réunir dans une même gaine plus de cinq conducteurs en paquet sur une longueur de plus de 5m, la gaine devra avoir une section intérieure au moins double de la section totale des conducteurs réunis, isolement compris, et, en outre, les conducteurs de polarités différentes devront être séparés.

Croisements. — Lorsque, aux croisements de conducteurs entre eux ou avec d'autres pièces métalliques, il sera impossible de maintenir un écartement suffisant, il faudra interposer un isolant supplémentaire sous forme de tube, plaque ou autre.

Conditions particulières aux bâtiments humides. — Dans les bâtiments neufs où les plâtres ne sont pas parfaitement secs, on ne peut pas employer de fil ayant une isolation moindre que 600 mégohms, si ce fil est posé en moulure.

Conducteurs souples. — Les conducteurs souples, ayant un isolement correspondant à la série dite *isolement moyen*, ne peuvent être employés que lorsque la différence de potentiel entre les conducteurs ou par rapport à la terre est inférieure à 150 volts. Lorsque cette tension sera comprise entre 150 et 250 volts entre conducteurs, 150 volts et 500 volts par rapport à la terre, l'isolation ne devra pas être moindre que 600 mégohms; enfin, lorsqu'elle sera comprise entre 250 et 500 volts entre fils, elle ne devra pas être moindre que 1200 mégohms.

L'emploi de ligatures métalliques pour les conducteurs multiples est interdit. Pour la jonction des fils souples entre eux et avec d'autres conducteurs, il est recommandé de faire usage de rosaces avec contacts vissés.

Les dérivations de fils souples mobiles ne peuvent se faire que par l'intermédiaire de prises de courant à fiches ou appareils équivalents.

Isolateurs, tubes ou fourreaux, et moulures. — Les isolateurs à cloche ne peuvent être fixés à l'extérieur que dans une position verticale; dans les locaux couverts, ils doivent être disposés de manière que l'humidité ne puisse s'amasser dans la cloche.

Dans les locaux humides, il est recommandé de faire usage de vis en laiton de préférence aux vis en fer.

Les tuyaux contenant les conducteurs doivent être disposés de façon à empêcher l'entrée et l'accumulation de l'eau.

Le diamètre intérieur des tuyaux, le nombre des coudes et leur rayon, ainsi que le nombre des boîtes de jonction, seront, autant que possible, établis de telle manière qu'on puisse passer ou retirer les conducteurs. Les branchements et dérivations des conducteurs ne doivent pas se faire dans les tuyaux mêmes, mais dans des boîtes de jonction.

Les moulures sans préparation ou pose spéciale ne peuvent être employées que dans des locaux secs. Les angles des rainures devront être arrondis à chaque changement de direction.

Elles devront être placées, autant que possible, au-dessus des conduites d'eau ou de vapeur. Leur écartement minimum des conduites et pièces métalliques sera de 10mm au moins. Sur les plâtres frais, les moulures doivent être enduites avant leur pose, et au moins sur la surface regardant le mur, d'un produit empêchant l'absorption de l'humidité. Dans les endroits humides, on intercalera, entre les murs et les moulures, des cales, de manière à laisser derrière les moulures un espace d'air d'au moins 5mm.

Les conducteurs seront posés librement dans les rainures sans être maintenus par des pointes ou crampons.

BREVETS RÉCENTS (1).

Résistances et rhéostats : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 172573 et 172687, 29 oct. et 15 août 1905 (résistance liquide). — ELECTRIC EQUIPMENT AND SECURITIES. BP. 11146, 1905. — FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 172221, 13 avril 1905 (résistance liquide à circulation automatique). — HEATH. USAP. 819654, 12 déc. 1904 (résistance à bande flexible). — HERENG. BF. 363917, 1er fév. 1906 (ruban serpentin embouti pour rhéostat). — KANDO (DE). USAP. 821418, 27 nov. 1903 (rhéostat à liquide automatique actionné par l'air comprimé). — KENNEDY. BP. 17314, 1905. — LAHMEYERWERKE. DRP. 173938, 19 sept. 1905 (résistance liquide). — LAMBERT. BP. 918, 1906. — LEAN (Mac). BP. 14167, 1905. — PHYSIKALISCH-TECHNISCHES LABORATORIUM. DRP. 172164, 3 fév. 1905 (résistances avec corps à haut coefficient de température enfermées dans des ampoules à vide ou à gaz indifférents); BF. 363431, 3 février 1906. — PROMETHEUS (SOCIÉTÉ). DRP. 174637, 21 fév. 1904 (résistances en carbure de silicium et carbure de bore). — RUZICKA. BP. 14400 et 16631, 1905. — STEVENS. USAP. 822312, 12 oct. 1904. — THOMSON-HOUSTON (ATELIERS). BF. 365191, 13 avril 1906.

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.



APPLICATIONS MÉCANIQUES.

ALIMENTATION DES ACCUMULATEURS HYDRAULIQUES.

Les usines qui pratiquent le travail de l'acier et notamment les aciéries, chaudronneries, ateliers d'emboutissage, voire même les usines de produits chimiques et les huileries, ont recours de plus en plus à l'emploi de presses hydrauliques. Ces appareils se prêtent particulièrement bien à l'accomplissement d'un grand nombre d'opérations; ils sont d'un service extrêmement commode, fonctionnent sans choc et avec précision.

On sait que, dans le forgeage de l'acier, le marteau-pilon, avec son action brutale trop violente à la surface du lingot qu'il désagrège, et insuffisante à l'intérieur, est aujourd'hui presque complètement remplacé par la presse hydraulique, dont l'effort prolongé se fait sentir dans toute la masse soumise à son action et produit un effet utile beaucoup plus considérable.

D'autre part, les procédés modernes de travail de l'acier, qui sont l'application en grand d'opérations exécutées autrefois à l'aide de machines-outils, telles que : l'estampage, l'emboutissage, l'étirage, le perçage, nécessitent des efforts considérables agissant à faible vitesse et avec une régularité qui doit être très grande. Ce sont là des conditions que la presse hydraulique remplit complètement et c'est pourquoi elle acquiert une place de plus en plus importante dans l'équipement des usines.

De plus, le régime de marche des presses hydrauliques dans le travail de l'acier présente des particularités qui exigent des précautions tout à fait spéciales pour leur alimentation. En effet, par suite de leur puissance et de leur course souvent considérables, elles consomment de telles quantités d'eau que l'accumulateur, s'il n'était pas constamment rechargé, serait vidé en quelques secondes. Or il est absolument indispensable qu'une presse ne se trouve pas à court d'eau au milieu de sa course, car il pourrait en résulter des perturbations et même de graves accidents de fabrication. C'est ainsi, par exemple, que, si une presse à démandriner à chaud avait une panne d'une demi-minute seulement, la pièce pourrait suffisamment se refroidir pour bloquer le mandrin et enclouer la presse.

Toutefois, la capacité d'un accumulateur est forcément très limitée et il ne peut guère, sans atteindre un prix exorbitant, suffire au débit que pendant un temps très court, inférieur à la durée d'une seule course des grandes presses. Pour permettre une marche industrielle d'une telle installation hydraulique, il faut donc s'efforcer de recharger le plus rapidement possible l'accumulateur aussitôt qu'il commence à travailler. Comme son débit est excessivement variable, suivant le nombre et la puissance des presses en fonctionnement, il est indispensable que son remplissage s'opère automatiquement.

Cette manœuvre s'effectue généralement de la façon suivante : l'accumulateur est installé tout près des machines motrices et manœuvre la valve d'admission de vapeur; en arrivant au haut de sa course, il soulage un contrepoids qui maintenait cette valve ouverte pendant l'ascension et la machine s'arrête. Dès que l'accumulateur redescend, la valve se rouvre, opérant ainsi la mise en marche de la machine. Il faut pour cela que la machine soit au moins à deux cylindres accouplés à 90° et que sa distribution de vapeur soit réglée de telle façon que dans toute position du volant il y ait admission sur l'un des pistons.

La Société anonyme de travaux de Dyle et Bacalan, qui possède dans son usine des Corps Creux de Louvain une très importante installation hydraulique, a fait étudier et installer, par la Compagnie internationale d'électricité de Liége, un dispositif électrique automatique de rechargement de l'accumulateur qui fait l'objet d'un Mémoire récemment présenté à la Société belge d'Électriciens, et dont il est donné ci-dessous un important extrait.

Cette installation, qui fonctionne depuis plus d'un an, a donné toute satisfaction; en outre, elle a permis de réaliser une importante diminution des frais d'exploitation, car, comme on le verra par la lecture du Mémoire, la machine à vapeur qui autrefois était uniquement utilisée à l'alimentation de l'accumulateur donne aujourd'hui une puissance d'environ 600 kilowatts dont 86 seulement sont employés pour le fonctionnement de l'accumulateur, laissant ainsi disponible une puissance moyenne de 514 kilowatts pouvant être affectée à d'autres usages.

Il est bien évident d'ailleurs que le dispositif de commande automatique de pompes employé par la Société de travaux de Dyle et Bacalan peut trouver application dans un grand nombre d'autres industries utilisant l'eau sous pression, telles que les huileries, les fabriques de gélatine, celles de soie artificielle, les entreprises de transmission hydrauliques, de l'énergie, etc. Il peut être aussi employé avantageu-

sement pour la commande de pompes actionnées électriquement et devant maintenir, d'une façon automatique, un niveau déterminé dans un réservoir : une installation de l'espèce fonctionne à la gare de Bruxelles-Midi.

Accumulateur hydraulique à alimentation par pompes électriques de l'usine de Louvain, par M. ORBAN (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* t. XXXIII, septembre 1906, p. 417-428). — L'accumulateur de cette usine, l'usine des Corps Creux, a une capacité d'environ 1500 litres et doit développer une pression de 135 atmosphères; il alimente 12 grandes presses :

1° Une presse verticale à emboutir de 1000 tonnes consommant par coup utile 550 litres d'eau en 20 secondes;

2° Une presse verticale à percer et à emboutir de 500 tonnes consommant 280 litres d'eau en 10 secondes;

3° Quatre presses verticales à emboutir et à percer de 250 tonnes consommant chacune 140 litres d'eau en 10 secondes;

4° Une presse horizontale à étirer à froid de 400 tonnes et de 3m,50 de course, consommant 1100 litres d'eau en 40 secondes;

5° Une presse horizontale à étirer à chaud de 250 tonnes, 4m,50 de course, consommant 850 litres en 50 secondes;

6° Quatre presses horizontales à étirer à froid et à finir de 150 tonnes, 7m,60 de course, consommant chacune 850 litres d'eau en 80 secondes.

En comparant la consommation de ces presses à la capacité de l'accumulateur, on est immédiatement frappé de l'impuissance où serait réduit celui-ci, s'il n'était qu'un instant seul en service.

La salle des pompes alimentant l'accumulateur comprend cinq groupes de deux pompes jumellées. Chaque groupe est commandé par un moteur électrique d'une puissance de 85 chevaux alimenté à la tension de 540 volts et tournant à la vitesse de 700 tours par minute; ces moteurs sont fortement compound, permettant ainsi d'obtenir un démarrage très rapide. Une courroie réduit la vitesse à 180 t : m et une paire d'engrenages à chevrons l'amènent à 60 t : m, vitesse des manivelles. Les pompes sont à double effet : chaque groupe débite 3 litres par seconde.

Le côté nouveau de l'installation réside dans le mode particulier de la mise en marche et de l'arrêt de ces moteurs au moyen de démarreurs fonctionnant automatiquement dès que le niveau de l'accumulateur éprouve une modification suffisante. Ces démarreurs peuvent mettre en marche quatre groupes de pompes; quant au cinquième, il constitue un groupe de secours et son moteur possède un rhéostat de démarrage manœuvrable à la main.

Le tableau de distribution comprend tous les appareils de mise en marche et de contrôle répartis sur six panneaux en marbre. Le premier panneau, à partir de la gauche, supporte le démarreur indépendant du moteur du groupe de secours, et un automatique à maxima; les quatre panneaux suivants, les appareils destinés à la commande des quatre autres moteurs. A la partie supérieure sont disposés les automatiques à maxima, puis en dessous, disposés sur deux rangées, huit interrupteurs magnétiques qui ont pour fonction de mettre chacun une résistance du rhéostat de démarrage hors circuit. Ces interrupteurs sont commandés par le tambour horizontal formant controller, que l'on voit à la partie inférieure de chaque panneau. Le dernier panneau comprend : un ampèremètre avec commutateur pour les cinq moteurs; un commutateur suisse et quatre commutateurs à renversement dont le rôle sera exposé ci-après; six interrupteurs unipolaires dont cinq pour les circuits du moteur et un pour le circuit général. Enfin, à la partie inférieure du panneau se trouve un mécanisme comprenant deux arbres filetés placés horizontalement.

L'arbre antérieur, que nous appellerons *arbre régulateur,* porte à son extrémité de droite une roue dentée commandant une chaîne reliée vers le plafond de la salle à une autre roue dont l'arbre est commandé par l'accumulateur, de sorte que, suivant que l'accumulateur monte ou descend, la roue dentée tourne dans un sens ou dans l'autre.

L'arbre postérieur, également fileté, ou *arbre de démarrage,* est relié à son extrémité de droite, par l'intermédiaire d'une réduction de vitesse, à un petit moteur électrique constamment en mouvement. Son extrémité de gauche porte un pignon engrenant avec une roue calée sur l'arbre portant les tambours controllers des quatre panneaux. Les panneaux tournent fous sur cet arbre; ils portent chacun un embrayage magnétique dont le plateau est calé sur l'arbre commun.

Sur les deux arbres filetés chevauchent deux chariots. Celui de droite, ou chariot régulateur, forme écrou sur l'arbre régulateur qui le déplace vers la droite quand l'accumulateur se décharge; il peut glisser sur l'arbre de démarrage qui lui sert de guide.

Le chariot de gauche, ou chariot de démarrage, glisse au contraire sur l'arbre régulateur et porte à sa partie inférieure un levier articulé à un axe parallèle aux arbres filetés. L'extrémité antérieure de ce levier est pourvue d'une boule formant contrepoids; par contre, l'extrémité postérieure possède un demi-écrou qui peut s'engager dans le filet de l'arbre de démarrage. Normalement, la boule, par son poids, maintient le demi-écrou en contact avec l'arbre fileté, qui alors entraîne le chariot vers la droite.

Aussitôt que le chariot de démarrage se rapproche suffisamment du chariot régulateur, le contrepoids est soulevé par le bras que porte celui-ci; il en résulte que le demi-écrou abandonne l'arbre de démarrage et que le chariot de démarrage s'arrête.

Si le chariot régulateur se déplace vers la gauche, il arrivera, après un certain temps, en contact avec le chariot de démarrage qu'il poussera devant lui. Ce dernier porte un peigne frottant sur les plots disposés sur le marbre, et ce sont ces plots qui distribuent le courant dans les embrayages magnétiques.

Lorsque le chariot démarreur se trouve à l'extrémité gauche de sa course, aucun embrayage n'est excité; il s'ensuit que les quatre controllers sont donc fous sur

leur arbre et sont dans une position correspondant à l'ouverture des huit interrupteurs magnétiques qu'ils commandent. Une corde munie d'un contrepoids les ramène à cette position dès que l'embrayage magnétique les abandonne.

A mesure que le chariot démarreur se déplace vers la droite, les plots mis en circuit permettent d'exciter successivement un, deux, trois et enfin les quatre embrayages. Par suite de cette manœuvre, les quatre controllers se mettent à tourner, fermant successivement leurs interrupteurs magnétiques et faisant démarrer leur moteur; après quoi un déclic fait débrayer le controller ramené alors à sa position primitive par le contrepoids.

Il est donc très aisé de régler les appareils pour que les pompes se mettent en marche dès que l'accumulateur se décharge, et l'on voit qu'il y a d'autant plus de pompes en fonctionnement que l'accumulateur est plus déchargé ou se décharge rapidement.

Dans le cas de la marche des quatre pompes, le débit obtenu est de 12^l par seconde, ce qui permet de remplir complètement l'accumulateur en deux minutes.

Il est à remarquer que, quelle que soit la rapidité avec laquelle l'accumulateur se vide et avec laquelle le chariot régulateur se déplace vers la droite, le chariot de démarrage accomplit son mouvement vers la droite avec une vitesse constante que l'on peut du reste régler en agissant sur l'excitation du petit moteur.

Ce point est très important, car la rapidité maxima avec laquelle peuvent se succéder les démarrages ne doit pas dépendre du régime de l'accumulateur; elle est limitée uniquement par l'ampérage maximum que l'on peut tolérer pour le service des pompes. C'est ainsi que chaque moteur de pompe absorbe en régime 110 ampères, alors qu'au démarrage l'intensité atteint jusqu'à 300 ampères.

Or, l'automatique à maxima qui, à la centrale, régit le service des pompes, déclanche à 800 ampères; les démarrages doivent donc se succéder assez lentement pour que cette intensité ne soit jamais atteinte.

Un moteur quelconque ne doit commencer à démarrer que lorsque le moteur précédent est déjà arrivé à une période de démarrage telle que son ampérage soit en décroissance; il en résulte que la vitesse avec laquelle se succèdent les démarrages doit être proportionnelle à la durée de ceux-ci, et c'est, en effet, ce qui a lieu, car l'arbre qui commande le chariot démarreur commande également l'arbre des embrayages magnétiques.

Le démarrage d'un moteur a une durée d'environ 12 à 14 secondes.

Il est encore une autre éventualité contre laquelle il importe de se prémunir : en aucun cas le chariot démarreur ne doit pouvoir se déplacer vers la gauche immédiatement après la marche à droite.

En effet, on ne doit pas permettre au démarreur de revenir à la position d'arrêt avant que le moteur ait pris sa vitesse de régime, sans quoi on brûlerait les contacts des interrupteurs magnétiques par des courants de rupture trop intenses. L'installation, telle qu'elle a été conçue, évite cet accident grâce au bras dont est pourvu le chariot régulateur qui arrête le chariot démarreur un certain temps avant que le premier puisse le repousser à gauche. C'est le moteur qui démarre le premier qui fatigue le plus, car il marche plus longtemps que les autres et ses démarrages sont plus fréquents. Pour obvier à cet inconvénient, on peut, au moyen du commutateur suisse, intervertir l'ordre des connexions entre les plots et les embrayages magnétiques, de sorte que la mise en marche des moteurs peut s'effectuer dans un ordre quelconque.

Si, par suite d'un travail intensif, l'accumulateur se vidait trop rapidement, on pourrait, en consentant à un plus grand ampérage maximum, obtenir un remplissage plus rapide; il suffirait d'augmenter la vitesse du petit moteur électrique et ce en agissant sur l'excitation.

Toutefois, l'installation a été prévue également pour l'emploi d'un moyen plus radical et qui, plus est, possède l'avantage de moins fatiguer les moteurs.

La disposition des plots sur lesquels frotte le peigne du chariot démarreur est telle que, en manœuvrant les commutateurs à renversement que porte le panneau de droite, l'on peut faire démarrer deux, trois ou même quatre moteurs simultanément, dès le commencement de la course du chariot démarreur vers la droite.

La figure donne une idée des variations brusques des demandes d'eau des presses et de la rapidité avec laquelle les pompes parviennent à suivre le débit. Les diagrammes se rapportent à une durée de 6 minutes; le travail consistait à emboutir de petits longerons à chaud et à étirer de petits tubes à chaud et à froid.

Les grandes presses horizontales, celles qui apportent le plus de perturbation dans le débit, ne fonctionnaient pas; on voit du reste qu'il n'y a au maximum que trois groupes de pompes, en marche simultanément.

La figure représente les courbes suivantes :

1° Le diagramme du courant total absorbé par les moteurs des pompes. Chaque démarrage y est accusé par un escarpement à huit pointes correspondant aux huit touches du démarreur; on voit de plus qu'un moteur ne démarre jamais avant que le courant du moteur précédent ait suffisamment diminué;

2° Le diagramme des kilowatts-heures consommés, qui est la courbe intégrale du précédent;

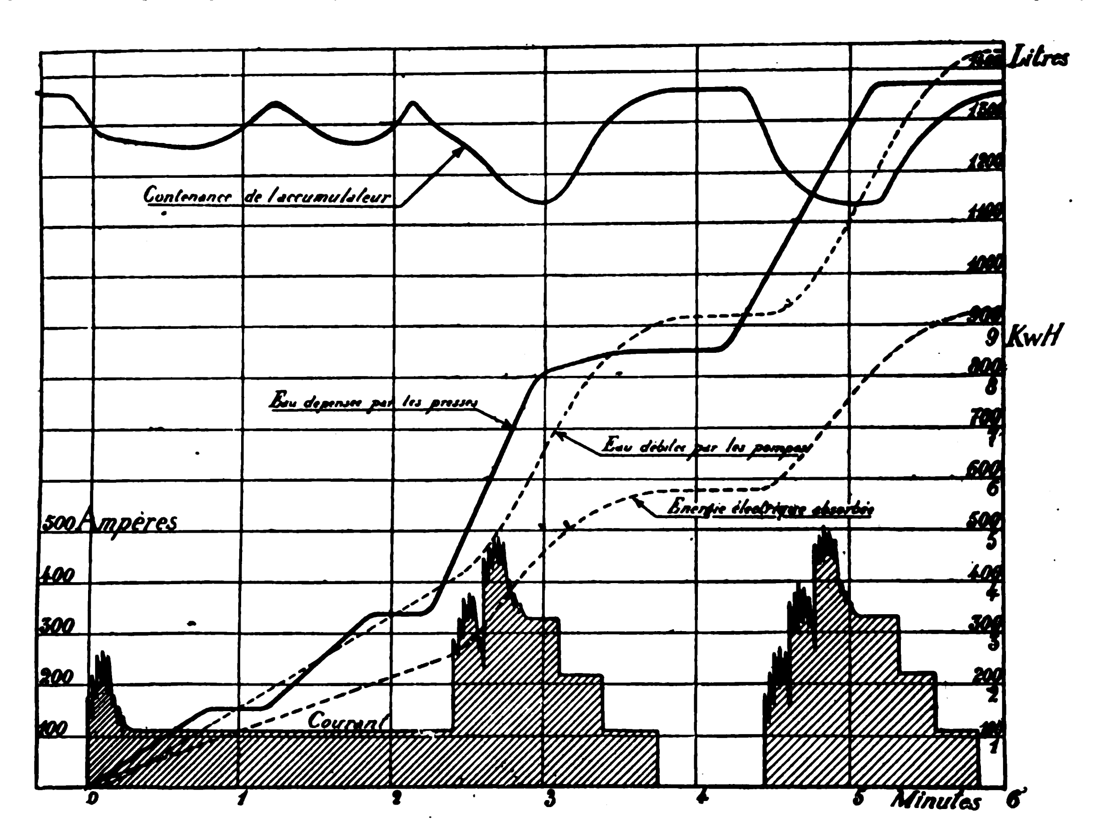
3° Le diagramme de l'eau débitée par les pompes; grâce à l'inertie des masses, une pompe débite encore 16^l après la rupture du courant;

4° Le diagramme de la contenance de l'accumulateur; les ordonnées sont indiquées en litres.

On remarquera que les pompes s'arrêtent pour des niveaux bien déterminés, tandis qu'elles se mettent en marche pour des niveaux variables, mais toujours plus bas que ceux correspondant à l'arrêt. Il faut, en effet, pour qu'une nouvelle pompe soit mise en marche, non seulement que le niveau de l'eau de l'accumulateur se soit suffisamment abaissé, mais encore que cet abaissement persiste un certain temps. De cette façon, un à-coup de faible durée dans le débit n'occasionne pas de nouveaux démarrages, et ceux-ci ne se produisent que lorsqu'ils sont réellement nécessaires, ce qui est avantageux au double point de vue du rendement et de la conservation du matériel.

5° Le diagramme de l'eau dépensée par les presses dont les ordonnées sont égales à la somme de celles des deux précédents. Les parties régulièrement inclinées indiquent les coups de presse; les parties horizontales correspondent aux arrêts. On remarquera également que les démarrages ne se produisent que pour les coups de presse importants.

Pendant les six minutes considérées, les pompes ont



débité 1430^l à la pression de 135^{atm}, ce qui représente un travail de

$$1430 \times 135 \times 1033 = 200000^{kgm}.$$

L'énergie électrique dépensée pendant le même temps est de 9,2 kilowatts-heures, soit

$$9,2 \times 36700 = 338000^{kgm}.$$

On obtient donc, malgré les continuelles variations de charge, un rendement industriel de

$$\frac{200}{338} = 0,60.$$

La dépense d'énergie de 9,2 kilowatts-heures pendant six minutes correspondrait à une dépense de 920 kilowatts-heures pour la journée de travail, qui est de 10 heures, ce qui se rapproche du chiffre de 856 kilowatts-heures se rapportant à la moyenne journalière prise sur un mois. La dépense quotidienne oscille donc entre 800 et 900 kilowatts-heures.

Il est intéressant de comparer l'installation actuelle avec celle qui existait précédemment.

L'accumulateur était alimenté par deux pompes montées en tandem sur les deux cylindres d'une machine à vapeur jumelle d'une puissance de 350 chevaux, tournant à la vitesse de 33 tours par minute et fournie par la maison Garnier, de Paris. La nécessité d'une mise en marche très rapide ne permettait pas l'emploi d'une machine compound. Un mécanisme relié au poids de l'accumulateur ouvrait la valve d'admission de la machine à vapeur dès que le niveau atteignait une limite inférieure donnée.

Ce dispositif avait l'inconvénient d'immobiliser une machine de 350 chevaux, qui ne marchait que pendant un temps moyen d'environ 5 heures par jour.

De plus, par suite des mises en marche continuelles suivies aussitôt d'arrêts, la machine n'avait pas le temps de prendre son régime de vitesse normal, et l'obligation de démarrer assez rapidement pour suivre les demandes d'eau imposait une marche à pleine admission, d'où un rendement très défectueux.

Enfin, cette marche intermittente occasionnait forcément une condensation très abondante de vapeur dans les conduites.

Actuellement, cette même machine tourne à la vitesse de 80 tours par minute et commande une génératrice développant une puissance de 600 kilowatts. Les mo-

teurs électriques des divers groupes de pompes absorbent une puissance moyenne de 86 kilowatts. Ces nouvelles installations ont donc rendu disponible, avec la même machine à vapeur, une puissance d'environ 514 kilowatts.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : POTFER. BF. 364395, 19 mars 1906 (moteur électromagnétique). — ROTH. USAP. 817807, 27 décembre 1904. — SCHRAMM. USAP. 820890, 20 mai 1905 (moteur à courant alternatif). — SOCIÉTÉ PARISIENNE POUR L'INDUSTRIE DES CHEMINS DE FER ET DES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES. BF. 365931, 5 mai 1906 (moteur monophasé sans collecteur marchant à haute tension). — SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE MONTREUIL. BF. 364473, 21 mars 1906 (automoteur électrique à mouvements multiples réversibles). — STEINMETZ. USAP. 822311, 26 sept. 1904 (alternomoteur). — THOMSON-HOUSTON (Cie FRANÇAISE). BF. 365002, 7 avril 1906 (perfectionnements au moteur monophasé); 363851, 3 mai 1906 (nouveau mode de fonctionnement des moteurs d'induction). — WELMANN. USAP. 820327, 17 août 1905 (moteur pour machine à coudre). — *Démarrage et Régulation* : BAEHR. USAP. 819707, 17 sept. 1904 (régulateur pour moteur). — BOLTON. BP. 21583, 1905 (démarreur). — CASE. BP. 13709, 1905 (démarreur). — DARBY. USAP. 824687, 21 nov. 1903 (démarreur automatique). — DIEHL MANUFACTURING CY. DRP. 173399, 19 fév. 1905 (frein pour moteur électrique). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. DRP. 174247, 4 juillet 1905 (régulateur pour moteurs asynchrones); BF. 364175, 14 mars 1906 (démarrage pour alternomoteurs). — GRAMME (SOCIÉTÉ). BF. 364881, 3 avril 1906 (dispositif de démarrage automatique et progressif dans les moteurs d'induction). — GRISCOM. USAP. 818686, 6 juillet 1905 (contrôleur automatique pour pompes et autres). — GRISSON. DRP. 172222, 6 déc. 1904 (démarrage par moteur synchrone des redresseurs mécaniques). — HEISENHORNER. USAP. 822269, 10 juin 1905 (démarreur). — INGLIS. BP. 12973, 1905 (appareils électriques pour moteurs). — JESSEN. BP. 16460, 1905 (démarreur). — KALLMANN. DRP. 174503, 2 août 1905 (relais différentiel pour mettre hors circuit les résistances de démarrage). — KRIÉGER (COMPAGNIE PARISIENNE DES VOITURES ÉLECTRIQUES, SYSTÈME). DRP. 174391, 30 sept. 1905 (réglage automatique des moteurs électriques à charge très variable). — LAMME et RENSHAW. BF. 363693, 22 janvier 1906 (réglage de phases dans les moteurs à collecteurs monophasés alimentés par des circuits polyphasés). — MEYER. BF. 365734, 28 avril 1906 (dispositif de démarrage adapté à la partie induite des moteurs à induction à courant alternatif). — PIFRE. BF. 364813, 364814, 364815, 364590, 365143, 365083 et 365045, 26 et 31 mars, 7 et 9 mai 1906. — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 173909, 22 janvier 1901 (régulateur de moteur électrique). — STEINMETZ. USAP. 819613, 26 sept. 1902 (contrôle de la vitesse des moteurs). — THOMSON-HOUSTON (Cie FRANÇAISE). BF. 363812, 3 mars 1906 (dispositif de réglage des moteurs servant à la commande des ventilateurs de mine). — THOMSON-HOUSTON (BRITISH). BP. 8570, 1905 (régulateur pour électromoteurs). — WHITTINGHAM. USAP. 821009, 9 déc. 1902 (inverseur automatique de marche pour moteurs). — ZIMMER. USAP. 819626, 28 juin 1905 (rhéostat de démarrage et de régulation).

Electro-aimants : AHLM. USAP. 822095, 28 août 1905 (électro de levage). — FELTEN et GUILLEAUME LAHMEYERWERKE. BF. 363786, 2 mars 1906 (électro-aimant compound à courant alternatif). — HOLMAN. BF. 364953, 12 mars 1906. — JACKSON. BF. 364885, 3 avril 1906. — KENNEDY. USAP. 821495, 13 fév. 1905.

Machines et appareils : ADAM. USAP. 820464, 16 février 1905 (câble pour bateaux charbonniers à tension automatique obtenue par un moteur commandé par le câble lui-même). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 18519, 1905 (contrôle électrique). — ANDRÉ. BF. 364182, 2 fév. 1906 (poids antagoniste pour relais à retard variable). — ANDREWS. USAP. 817892, 22 août 1905 (horloge électrique). — ASHMORE et MC CULLOUGH. BP. 8344, 1905 (freins électriques). — BACON. USAP. 817687, 24 août 1904 (levier magnétique). — BALL. USAP. 821077, 30 sept. 1902 (commande des aiguilles). — BEANE. USAP. 821581, 10 juillet 1905 (avertisseur d'incendie). — BOWMANN. USAP. 820090, 10 mars 1905 (porte électrique pour entrée de mine). — BROWN. USAP. 817749, 31 mars 1902 (détecteur pour gisement de minerais); 818226, 5 mai 1905 (aiguillage électrique); 822881, 5 juin 1905 (piano électrique). — BUJON. BF. 365559, 24 avril 1906 (relais électrique multiple). — BUTLER. USAP. 821459, 4 août 1905 (avertisseur de température). — CAMPBELL. USAP. 820700, 4 avril 1905 (avertisseur d'incendie). — CLARKE, CHAPMAN AND Ce et WALKER. BP. 13577, 1905 (grues électriques); 4318, 1906 (cabestans). — COLE. USAP. 821411, 8 fév. 1906 (avertisseur d'incendie). — COUADE. BF. 364178, 23 janvier 1906 (servomoteur électrique). — COWLES. USAP. 810915, 11 juillet 1904 (mécanisme de commande des fermetures de portes). — CUMMINS. BP. 10644, 1905 (embrayage électromagnétique). — CUTLER. USAP. 821020 et 821022, 18 janvier 1906 et 5 août 1903 (pince électromagnétique). — DAFT. USAP. 817736, 14 octobre 1902 (détecteur pour gisements de minerais). — DAMON. USAP. 821024, 15 avril 1903 (pince électromagnétique). — DAVIS. USAP. 824343, 30 janvier 1904 (mécanisme électrique pour instruments de musique). — DAY. USAP. 822250, 6 janvier 1905 (câble actionné par deux moteurs et destiné à maintenir accolés deux navires faisant du charbon en pleine mer). — DEVER. USAP. 819525, 9 mai 1905 (avertisseur de pluie pour domiciles particuliers). — DINGS. USAP. 821615, 15 sept. 1904 (séparateur magnétique). — DOWNES. USAP. 821992 et 822193, 1er mai 1902 et 14 octobre 1904 (relais). — DUNHAM. USAP. 823492, 8 déc. 1902 (séparateur magnétique de minerais). — EARL. USAP. 816903, 5 mai 1905 (combinaison de block-système et de sémaphore). — EBLE. USAP. 823164, 7 août 1905 (indicateur de l'approche d'un navire). — EVERSHED et VIGNOLES. BP. 13874, 1905 (commande électrique à distance). — FAWCETT. USAP. 819873, 19 mai 1905 (avertisseur d'effraction). — FELDMANN. DRP. 171946, 21 déc. 1905 (avertisseur électrique). — FRANK et CAFFREY (MAC). USAP. 817366, 1er avril 1905 (aiguille électrique). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 13380, 1905 (contrôle électrique); 15769, 1905 (sondage électrique). — GREEN et CARPENTER. USAP. 816792, 6 sept. 1904 (loch électrique). — GRIFFIN. USAP. 821098, 10 avril 1905 (avertisseur automatique d'incendie). — GURNEY. USAP. 823118, 20 juin 1904 (pompe électrique). — HAIGH. BP. 13856, 1905 (gouvernails électriques). — HART. USAP. 821639, 12 déc. 1904 (avertisseur pour postes de pompiers). — HEWITT. BP. 8612, 1906 (vaporisateur électrique). — HEWLETT. USAP. 818377, 22 oct. 1904 (relais). — HOHAN. USAP. 816981, 21 mars 1905 (signal de tramways). — INGERSOLL SERGEANT DRILL Ce. BP. 12778, 1905 (déchargeurs électriques pour compresseurs d'air). — JACKSON. USAP. 817322, 31 mai 1905 (affiche lumineuse électrique). — KEHOE. USAP. 809305, 27 avril 1905 (piano électrique). — KUPPERS. BP. 2317, 1905 (enroulement des chaînes).



TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES.

Localisation de certains dérangements des circuits téléphoniques, par J.-T. DE PAUW, ingénieur des Télégraphes belges (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXIII, sept. 1906, p. 389-396). — La détermination de l'emplacement d'un contact à la terre par la mesure des résistances des deux tronçons situés de part et d'autre de ce contact ne peut donner de résultats certains que si le contact est franc; s'il est mal établi et que sa propre résistance varie pendant la durée des mesures, on ne peut déduire de celles-ci l'emplacement du défaut qu'avec une erreur souvent fort grande.

Cette méthode de localisation ne réussit d'ailleurs pas non plus si un tronçon seulement est mis à la terre, l'autre restant isolé, ce qui arrive si la rupture du circuit s'est faite, comme c'est habituellement le cas, tout près d'un isolateur.

En raison de ces difficultés et des pertes de temps qu'elles occasionnent dans le relèvement des défauts, l'auteur croit devoir signaler le procédé suivant qui permet d'effectuer rapidement ce relèvement sur les circuits téléphoniques qui sont supportés sur une grande partie de leur parcours par les mêmes poteaux que des conducteurs télégraphiques.

Ce procédé est fondé sur le fait, bien connu des téléphonistes, que les circuits téléphoniques placés dans ces conditions donnent lieu à un bruissement spécial, dénommé *friture*, toutes les fois que leur équilibre électrique est rompu, soit par suite d'un contact à la terre accidentel, soit parce que l'une des branches du circuit se trouve isolée totalement ou partiellement, soit pour une autre cause ([1]). En établissant un court-circuit entre les conducteurs, on divise le circuit primitif en deux autres, et la friture disparaît pour la personne qui écoute au bon bout; c'est-à-dire à l'extrémité du circuit qui, par rapport au court-circuit, n'est pas affecté du dérangement, tandis qu'elle persiste pour celle qui écoute à l'autre bout. Il suffira donc que l'agent appelé à lever un dérangement établisse le court-circuit en un point choisi du circuit dérangé et qu'il s'informe auprès des bureaux en correspondance des constatations faites pendant l'existence de ce court-circuit : il saura ainsi que la cause du dérangement se trouve dans la direction du bureau qui continue à percevoir la friture sur le circuit dérangé.

S'il s'agit d'un dérangement causé par le contact de deux circuits et qu'il soit possible d'étendre sur l'un les paroles échangées sur l'autre, le même procédé de recherche est applicable, car la mise en court-circuit de l'un des circuits fait disparaître l'effet du contact pour celui qui écoute au bon bout de ce dernier circuit.

Il faut toutefois, pour que l'essai réussisse pleinement, que le court-circuit soit aussi peu résistant que possible et d'autant moins résistant que les conducteurs du circuit envisagé sont eux-mêmes peu résistants.

([1]) Une dérivation à la terre d'un circuit peut être le fait de la rupture de l'un des fils du circuit qui reposerait ensuite sur le sol, ou bien du contact du circuit téléphonique avec un fil pourvu d'une terre, pour le retour, tel un fil télégraphique. L'isolement peut provenir de la rupture d'un fil fusible destiné à préserver le circuit contre les effets des courants atmosphériques ou contre ceux du contact avec un conducteur convoyant des courants à haute tension; il peut encore être dû au bris du fil dans sa partie en fil recouvert, à l'introduction dans un bureau, plus rarement dans sa partie aérienne, car, dans ce dernier cas, l'une au moins des parties du brin rompu touche généralement le sol et le dérangement se résout ainsi à une mise à la terre du circuit. Enfin la rupture d'équilibre peut encore être occasionnée par le contact du circuit envisagé avec un autre circuit téléphonique sans terre supporté par les mêmes poteaux.

BREVETS RÉCENTS.

Teléphonie : HAMSON. USAP. 818897, 25 juin 1904 (téléphone). — HASTINGS et MATHENY. USAP. 821800, 4 avril 1905 (dispositif pour couper la communication aux abonnés). — HEELFRITSCH. BF. 365195, 13 avril 1906 (micro-téléphone marchant par la résonance de la tête. — JUNGMAN, BERGLUND et AUTRES. BP. 3224, 1906 (récepteur téléphonique). — LAND. USAP. 818540, 20 mars 1905 (bureau téléphonique). — KELLOG. USAP. 820360, 821807 et 822611, 13 février 1892, 30 novembre 1848 et 24 avril 1893 (tableau multiple pour bureaux téléphoniques). — KINSEY et NELSON. USAP. 820063 et 820064, 15 juin et 27 déc. 1904 (téléphone). — KITSEE. USAP. 817920 et 818767, 29 oct. 1904 et 15 juin 1903 (enregistreur de conversations téléphoniques). — KOZEL. DRP. 169195, 20 janv. 1903 (commutateur). — KRESTCHMAR. BF. 365780, 30 avril 1906 (dispositif de fixation du corps désinfectant dans les pavillons de microphones). — LAMBERT. USAP. 824251, 14 février 1902 (téléphone à batterie centrale). — LATOUR. BP. 364610, 27 mars 1906 (système de téléphone multiple). — LEIBIUS. DRP. 173646, 8 déc. 1904 (commutateur téléphonique). — LENDI. USAP. 820803, 27 oct. 1902 (téléphone). — LEVENBERG. USAP. 818698, 16 janv. 1905 (téléphone). — LUNDQUIST. USAP. 822965 et 822966, 11 juil. 1904 et 6 fév. 1905 (appel téléphonique). — LONG. USAP. 821877, 1er mars 1904 (transmetteur téléphonique). — MANSON. USAP. 822968, 25 mai 1904 (relais téléphonique). — MARTIN. USAP. 819073, 12 déc. 1904 (charge des batteries centrales d'accumulateurs téléphoniques). — MASON. USAP. 823061, 17 mars 1905 (récepteur). — MASSIE. USAP. 819779, 18 août 1905 (microphone). — MATTHAY. DRP. 172937, 25 oct. 1904. — MERK. DRP. 173736, 3 déc. 1902. — MERRITT. USAP. 821948, 28 mars 1905 (attache antiseptique pour parleur). — MIX et GENEST. DRP. 173837 et 174186, 1er et 27 janvier 1905 (commutateur); 174543, 12 nov. 1905 (conjonction pour diminuer le craquement du récepteur). — MONSON. USAP. 822973, 24 janv. 1905 (téléphone automatique).

MESURES ET ESSAIS.

Anémomètre électrique, par R. GOLDSCHMIDT, agrégé de l'Université de Bruxelles (*Bulletin de la Société belge des Electriciens,* t. XXIII, sept. 1906, p. 409-415). — Dans les anémomètres existant à ce jour, la vitesse du fluide gazeux est mesurée par son action sur une masse (roue, plaque, etc.) dont le mouvement donne une indication d'autant moins précise et moins rapide, que l'inertie du système mis en action par le vent est plus considérable. L'anémomètre imaginé par l'auteur est basé sur un principe tout différent : le refroidissement plus ou moins rapide sous l'action du vent d'un fil de platine échauffé par un courant.

Ce refroidissement est en effet fonction de la vitesse du vent; d'autre part la résistance électrique du fil dépend de la température de celui-ci; par suite, cette résistance est elle-même fonction de la vitesse du vent et sa mesure peut servir à évaluer cette vitesse si l'on connaît par un étalonnage convenable la nature de cette fonction.

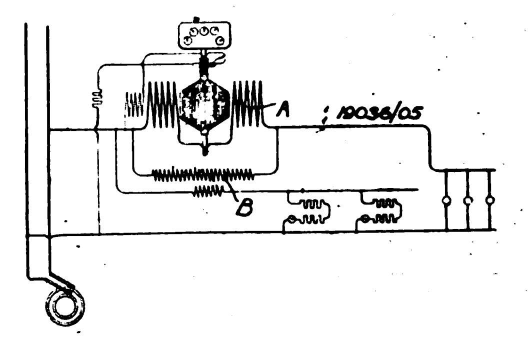
Toutefois la vitesse de refroidissement dépend encore d'un autre facteur : la température de l'air ambiant. Pour éliminer cette influence perturbatrice, on mesure non pas la variation absolue de la résistance électrique du fil soumis à l'action du vent, mais la variation de la différence entre cette résistance et celle d'un second fil de platine, identique au premier, placé dans l'air ambiant, mais protégé par une enveloppe contre l'action du vent. Pour cette mesure on forme avec les deux fils en question deux des résistances d'un pont de Wheatstone muni d'un galvanomètre enregistreur très sensible.

Pour faire l'étalonnage de l'instrument on monte l'un des fils sur un support tournant avec une vitesse angulaire connue. On règle le pont de manière que le galvanomètre ne dévie pas quand ce fil est en repos. On met ensuite en rotation l'équipage qui le porte et l'on note la déviation observée pour une certaine valeur de rotation, et par conséquent pour une certaine vitesse linéaire d'un point du fil par rapport à l'air ambiant supposé immobile, vitesse que l'on calcule aisément connaissant la distance du fil à l'axe de rotation et la vitesse angulaire. Avec les résultats donnés par plusieurs essais de ce genre, on construit une courbe reliant les indications du galvanomètre et la vitesse linéaire du fil. C'est cette courbe qui donnera la vitesse du vent en fonction des déviations galvanométriques, en admettant qu'un vent de certaine vitesse produit sur le fil en repos le même effet qu'un déplacement de même vitesse du fil dans l'air en repos.

L'anémomètre est complété par un indicateur électrique de la direction du vent. Cet indicateur est constitué par une girouette déplaçant un contact sur une résistance circulaire formant l'une des branches d'un second pont de Wheatstone; le galvanomètre de ce pont éprouve des déviations dépendant de la résistance mise en circuit par la girouette par suite de l'orientation de cette girouette. On peut donc, par un étalonnage, déduire des indications de ce galvanomètre la direction du vent.

Dans son Mémoire l'auteur donne une figure représentant les dispositions pratiques qu'il préconise pour la construction et l'installation de son anémomètre. Nous pensons ne pas devoir insister sur ce point et devoir nous borner à l'indication du principe de cet appareil, aucune application ne paraissant en avoir été faite jusqu'à présent.

Compteur pour courants alternatifs à double tarification simultanée. BRITISH THOMSON HOUSTON C° (Brevet anglais 19036, 1905). — La plupart des compagnies de distribution consentent des rabais considérables sur le prix de vente de l'énergie électrique utilisée à certains usages spéciaux, le chauffage par exemple. Dans les installations comportant à la fois des appareils d'utilisation à tarif fort et des appareils d'utilisation à tarif faible, il est d'usage de disposer les deux genres d'appareils sur deux branchements distincts ayant chacun un compteur. Le compteur qui nous occupe a pour but d'obvier à cette sujétion qui, en raison des frais de premier établissement qu'elle entraîne, empêche souvent le développement des applications pour lesquelles l'énergie est vendue à prix réduit. Ainsi qu'on le voit sur la figure, ce compteur se



compose d'un compteur-moteur dont les bobines de champ A sont shuntées par le secondaire d'un transformateur, B. Le courant qui alimente les appareils d'utilisation à tarif fort (lampes) traverse le compteur dans les conditions ordinaires, tandis que celui qui alimente les appareils d'utilisation à tarif faible (radiateurs) n'agit sur le compteur que par l'intermédiaire du transformateur B. On conçoit qu'il soit ainsi possible de faire tourner le compteur plus vite dans le premier cas que dans le second pour une même puissance dépensée.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Résistance des électrolytes pour les courants de haute fréquence, par G. BROCA et S. TURCHINI (*Comptes rendus*, t. CXLII, 28 mai 1906, p. 1187-1189). — La théorie de Lord Kelvin relative à la résistance des conducteurs cylindriques pour les courants de haute fréquence conduit dans le cas des métaux à des résultats présentant des divergences systématiques avec les résultats d'expériences faites antérieurement par les auteurs et signalées ici (t. III, 30 mai 1905, p. 313). Les recherches relatées dans la Note qui nous occupe sont relatives aux électrolytes. L'électrolyte (acide sulfurique étendu) est placé dans un cylindre de 6^{cm} de diamètre et de 10^{cm} de longueur; le courant est amené par deux électrodes en platine de 6^{cm} de diamètre. L'intensité efficace du courant de haute fréquence est mesurée au moyen d'un ampèremètre thermique préalablement étalonné avec l'électrodynamomètre Broca. On mesure l'échauffement que produit ce courant dans le conducteur pendant une minute, en évaluant la dilatation au moyen d'un tube capillaire soudé au gros tube contenant l'électrolyte. On fait une seconde mesure de l'échauffement avec un courant de même intensité efficace à 42 p : sec, c'est-à-dire à assez basse fréquence pour qu'on puisse considérer sa répartition comme uniforme à travers la section du conducteur. Le rapport des deux échauffements donne le rapport du conducteur pour les deux espèces de courants.

Quand l'électrolyte a une faible conductibilité, ce rapport a été trouvé égal à 1. Quand l'électrolyte est plus conducteur (acide sulfurique au $\frac{1}{10}$ ou encore acide au maximum de conductibilité), la résistance est plus grande pour le courant à basse fréquence que pour les courants à haute fréquence (compris entre 190 000 et 3 000 000 p : s), résultat contraire à ce que la théorie de Lord Kelvin fait prévoir.

Sur les trajectoires périodiques des corpuscules électriques sous l'influence du magnétisme terrestre, avec application aux perturbations magnétiques, par CARL STORMER (*Comptes rendus*, t. CXLIII, octobre 1906, p. 460). — L'auteur indique quelques-unes des solutions périodiques du système d'équations de la Note du 25 juin. Parmi ces solutions, une première classe donne des trajectoires ondulatoires situées dans le voisinage du plan équatorial; une seconde classe donne des trajectoires en spirales se rapprochant, sans y arriver, ou bien à intervalles égaux d'un même pôle de l'aimant élémentaire auquel l'auteur assimile la Terre, ou bien alternativement du pôle Nord et du pôle Sud. La durée de la période de ces trajectoires peut être calculée si l'on connaît les vitesses des corpuscules qui les suivent; en prenant pour ces vitesses les nombres donnés par Rutherford, dans son Ouvrage *Radio-activity*, pour les corpuscules des rayons cathodiques et des rayons α et β du radium, M. Störmer a trouvé, pour les durées des périodes des trajectoires, des nombres du même ordre de grandeur que les périodes des oscillations magnétiques que M. Eschenhagen appelle *Elementarwellen des Erdmagnetismus*. Ceci semble indiquer, conclut M. Störmer, que « ces oscillations sont dues à des nuées de corpuscules venant par exemple du Soleil et se mouvant le long d'une trajectoire s'approchant d'une trajectoire périodique ». M. Störmer considère également comme très probable que « l'anneau équatorial observé par M. Birkeland [1] est dû à de pareilles trajectoires asymptotiques, qui viennent de l'infini pour s'approcher asymptotiquement d'une trajectoire périodique ».

RADIOACTIVITÉ.

Sur le plomb radioactif extrait de la pechblende, par JEAN DANYSZ (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 23 juillet 1906, p. 232-234). — On sait qu'il est admis que les éléments radioactifs se transforment continuellement et qu'en particulier le polonium, dont la disparition est de moitié en 140 jours, ne serait qu'un produit de désintégration du radium, le radium F. Suivant M. Rutherford et MM. Meyer et von Schweidler, le plomb radioactif extrait de la pechblende devrait son activité au polonium et à deux produits antérieurs de la désintégration du radium, le radium D, dont le rayonnement est nul et dont la disparition est de moitié en 40 ans, et le radium E, qui émet seulement des rayons pénétrants et dont la disparition est de moitié en 5 jours. Or, en dissolvant dans l'eau bouillante et précipitant par refroidissement, et cela à une dizaine de reprises, le chlorure de plomb radioactif extrait de la pechblende, on obtient finalement des cristaux dépourvus d'activité; c'est donc que tout au moins le radium E et le radium F ont disparu par ce traitement. S'il reste du radium D, inactif, ce radium doit donner peu à peu du radium E, puis du polonium ou radium F, par désintégration, et, par suite, les cristaux doivent reprendre une certaine activité. C'est ce point que l'auteur, sur les conseils de Mme Curie, a voulu élucider. Il a trouvé que les cristaux redeviennent peu à peu radioactifs et que la constante de temps de l'élément radioactif formé, c'est-à-dire le temps au bout duquel l'activité est réduite de moitié, est 4,72 jours. Ce nombre concorde bien avec la constante de temps du radium E, et cette concordance vient appuyer l'hypothèse que le chlorure de plomb désactivé renferme encore du radium D.

[1] *Expédition norvégienne pour l'étude des aurores boréales*, p. 39.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Unités électriques et unités mécaniques et leurs relations, par GEORGES-C. DE LAPLANCHE (2e édit.). 1 vol. format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 131 pages. Vuibert et Nony, éditeurs, 63, boul. Saint-Germain.

Le nombre de ceux qui ont encore des idées incorrectes sur les définitions et les relations des grandeurs et unités électriques et mécaniques est tellement grand qu'on ne saurait trop encourager toute tentative de vulgarisation de notions nettes sur ce sujet. A ce point de vue, l'Ouvrage de M. Laplanche est très recommandable dans son ensemble et nous féliciterions vivement son auteur si nous n'y avions relevé quelques incorrections.

L'une des plus graves est assurément la définition de l'unité d'accélération, d'après laquelle cette unité serait le centimètre. Une telle erreur dans un livre spécialement consacré aux unités est certes impardonnable.

J. B.

La houille verte. Mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau en France, par HENRI BRESSON, préface de MAX DE NANSOUTY; Ouvrage publié sous les auspices du Ministre de l'Agriculture. 1 vol. format $25^{cm} \times 16^{cm}$, de XXII-278 pages, avec 126 figures et 1 planche. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix, broché, 7^{fr},50.

Sous le nom de *houille verte*, M. H. Bresson désigne comme l'on sait l'énergie hydraulique des cours d'eau coulant paisiblement entre des rives verdoyantes. Beaucoup plus fractionnée que l'énergie résultant des hautes chutes des régions montagneuses, elle est néanmoins fort importante dans son ensemble, et il est hors de doute que son utilisation rationnelle constitue un élément de richesse qui n'est pas à dédaigner.

Cette utilisation était d'ailleurs déjà réalisée à l'époque où l'industrie n'avait pas besoin des vastes ateliers ou manufactures où elle est aujourd'hui concentrée. Sur tous nos cours d'eau on rencontre en effet de nombreux barrages qui fournissent la force motrice nécessaire à diverses opérations, notamment à la mouture du blé. Avec de faibles capitaux il est encore possible de les utiliser, et dans des conditions bien meilleures qu'autrefois, à la production de l'énergie électrique que l'on convertit ensuite en force motrice et en lumière.

M. Henri Bresson, après avoir, l'un des premiers dans sa région, tiré personnellement parti d'un barrage longtemps inutilisé, pour l'éclairage de son château des Masselins-Chandai (Orne) et pour la mise en action de quelques moteurs nécessaires à l'exploitation de sa propriété, s'est fait l'ardent propagandiste de l'emploi de l'énergie des cours d'eau de plaine. Il a vu d'ailleurs ses efforts récompensés, car son exemple a été suivi dans la région normande voisine de son installation, où l'on trouve aujourd'hui d'assez nombreuses installations électriques analogues servant à l'éclairage des communes et des particuliers.

Dans l'Ouvrage qu'il vient de publier, il a voulu faire connaître aux nombreux propriétaires de petites chutes inutilisées, les excellents résultats qu'il a obtenus ou qu'il a été à même de constater au cours de ses déplacements; il a voulu faire une œuvre de vulgarisation et s'est attaché à faire voir qu'il n'est pas indispensable d'être un technicien consommé pour être capable de faire construire, installer et fonctionner une petite usine électrique.

La première partie de son Ouvrage est, pour cette raison, consacrée à l'exposé, sous une forme accessible à tous, de quelques théories et généralités qu'il faut cependant acquérir au préalable. Dans la seconde partie il donne, pour huit départements de la région de l'Ouest, une description sommaire des installations hydro-électriques existantes (il n'y en a pas moins de 26 dans l'Eure), puis l'indication des ressources encore disponibles. La troisième partie résume, sous forme de graphiques, de tableaux et de cartes, les matériaux de la précédente. Ces deux dernières parties constituent d'ailleurs non seulement une œuvre de haute vulgarisation, mais une source de documents précieux pour l'obtention desquels l'auteur a dû effectuer de nombreux déplacements.

J. B.

Moteurs à collecteur à courants alternatifs, par F. NIETHAMMER, professeur à l'École technique supérieure de Brünn (Autriche). 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 131 pages, 138 figures. Editions de *L'Eclairage électrique*, 40, rue des Écoles. Prix, broché : 5^{fr}.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt que présente actuellement, pour le développement de diverses applications électriques, l'emploi du moteur à courant alternatif simple : les nombreux articles consacrés aux moteurs de ce genre dans toutes les revues électrotechniques constituent une démonstration suffisante de cet intérêt. Mais, par suite de leur nombre même, ces articles étaient difficiles à consulter par les praticiens et c'est pour obvier à ces difficultés que l'auteur a entrepris la rédaction du petit Ouvrage qui nous occupe et dans lequel il traite successivement de l'historique, de la commutation et des détails de construction des moteurs à collecteurs.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société des forces motrices du Haut-Grésivaudan. — Le Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale du 24 mars donne les renseignements suivants sur l'exercice 1905 :

ACTIF.

Concession d'éclairage. — En augmentation de 5000fr sur l'exercice 1904. En réalité, l'augmentation de ce compte a été de 15000fr, montant de l'indemnité moyennant laquelle nous avons obtenu de M. Rey, industriel à la Rochette, l'abandon, à notre profit, des droits qu'il possédait pour une durée de 7 années encore, à la distribution de l'énergie électrique sur le territoire de cette commune. Par suite d'un amortissement de 10000fr effectué sur ce compte, il se trouve ramené à 90000fr (contre 85000fr au 31 décembre 1904) au lieu des 100000fr qu'il devrait représenter aujourd'hui.

Bréda. — Augmenté de 10400fr, valeur de deux transformateurs-élévateurs achetés en 1905.

Cernon. — En augmentation de 22486fr,50 représentant certains travaux exécutés à l'usine et le coût de l'achat et de l'installation d'un alternateur de 460 chevaux.

Carbure. — Ce compte ne figure plus au bilan de 1905 que pour la somme de 55000fr, en diminution par conséquent de 40000fr sur le bilan de l'exercice précédent par suite de très larges amortissements que nous lui avons fait subir à nouveau cette année-ci; nous espérons qu'à la fin de l'exercice en cours, il aura été ramené à sa valeur vraie qui ne devrait pas dépasser une dizaine de mille francs.

Lignes primaires. — En accroissement de 16785fr,15.

Lignes secondaires. — En accroissement de 12406fr,95.

Ces chiffres s'expliquent par l'extension de nos réseaux, la mise en exploitation de notre nouvelle concession de la Rochette et le développement de notre clientèle.

Transformateurs-abaisseurs. — Malgré un achat de quatre transformateurs nouveaux en 1905 nous ayant coûté 9600fr, ce compte se trouve réduit à 102000fr contre 110000fr, chiffre du bilan au 31 décembre 1904. Cette réduction est la conséquence d'amortissements importants que nous lui avons fait subir.

Compteurs. — La même observation peut s'appliquer à ce compte : bien que nous ayons acheté pour 2757fr,30 de ces appareils au cours du dernier exercice, ce chapitre se trouve ramené de 53829fr,60, valeur d'achat des compteurs actuellement en service, à 30000fr après amortissements effectués.

Installation des bâtiments militaires et des bâtiments communaux. — Réduits respectivement de 20608fr,15 à 6000fr et de 10159fr,48 à 5000fr par suite des amortissements régulièrement pratiqués chaque année.

Installation des lampes gratuites. — Depuis que nous pratiquons ce genre d'opérations, nous avons dépensé 60990fr,50, mais nous avons fait subir à ce compte une dépréciation de 41037fr,28, ce qui le ramène à 19953fr,24.

Frais généraux de 1905. — Cette somme de 2356fr,80 représente le paiement effectué par anticipation en 1905 de primes d'assurances qui concernent l'exercice 1906.

En terminant cette analyse rapide des éléments de notre actif social, nous signalons tout spécialement à votre attention les dépréciations et les amortissements considérables que nous avons cru sage et prudent d'effectuer jusqu'ici et qui, au 31 décembre 1905, s'élèvent déjà, sur l'ensemble des différents comptes du bilan, à 291198fr,48, se décomposant ainsi :

Amortissements effectués au 31 *décembre* 1905.

	fr
Frais de premier établissement	40509,49
Concession	25000 »
Usine de carbure	89207,30
Transformateurs-abaisseurs	19701,60
Matériel	11706,60
Compteurs	23829,60
Installations des bâtiments militaires	14608,15
» » communaux	5159,48
» des lampes gratuites	41037,26
Divers	28439 »
	291198,48

PASSIF.

Capital-Obligations. — Diminué de 59000fr par suite du remboursement de 118 obligations effectué en 1904 et 1905.

Comptes courants. — Diminué des 15000fr qui ont été remboursés dans le courant du dernier exercice.

Nantissements. — En diminution de 5000fr, montant du nantissement qui nous avait été consenti par un de nos acheteurs de force motrice et que nous lui avons restitué cette année-ci, conformément aux stipulations de notre contrat.

La somme de 31500fr, portée sous la rubrique *Provision pour amortissement de* 63 *obligations*, constitue la réserve nécessaire au remboursement des obligations que nous allons dans un instant tirer au sort.

Enfin, les 74259fr,40, qui font la balance des comptes Actif et Passif, représentent les bénéfices nets de 1905, après déduction des charges sociales et amortissements que votre Conseil d'administration a cru devoir effectuer, conformément aux prescriptions de l'art. 45 des Statuts.

COMPTE DE FRAIS GÉNÉRAUX ET DE PROFITS ET PERTES.

Frais généraux. — La comparaison des frais généraux de cet exercice et de l'exercice dernier établit pour 1905 une augmentation de 14437fr,99 qui affecte principalement les chapitres « Appointements, salaires, gratifications, etc... », en accroissement de 6014fr,05, et « Frais d'exploitation, de bureau, impôts, assurances », en accroissement de 10408fr,04. — Par contre, les chapitres « Intérêts des comptes courants et obligations » et « Entretien » sont en diminution respectivement de 1238fr,60 et de 745fr,50.

L'élévation des dépenses d'appointements, salaires, etc., est justifiée par l'augmentation de personnel, « comptables » et « conducteurs de machines » ou « ouvriers des lignes » qu'ont nécessité le développement de nos affaires ainsi que la mise en marche régulière de l'usine du Cernon.

Il nous devenait impossible, avec le personnel des plus réduits que nous possédions auparavant, d'assurer tous nos services; nous avons dû, en conséquence, et nous devrons encore dans la suite, selon toute probabilité, adjoindre à nos

anciens agents et ouvriers dont nous sommes, d'une façon générale, très satisfaits, de nouvelles recrues.

Les « Frais généraux d'exploitation proprement dits » ont dépassé, cet exercice-ci, de 10408fr,04 ceux afférents à l'exercice 1904. Les principaux facteurs de cette augmentation sont les impôts (en accroissement de 1700fr), les assurances (de 1000fr), et surtout les frais de déplacement du personnel, occasionnés par l'installation du réseau de la Rochette et de la surveillance de nos lignes de plus en plus nombreuses et étendues.

PROFITS ET PERTES.

Mais si, en 1905, nos frais généraux ont dépassé de 14000fr environ le chiffre des frais généraux de 1904, les recettes de ce dernier exercice marquent une plus-value de 30648fr,10 sur celles de l'exercice précédent.

Voici, au surplus, le Tableau comparatif des recettes produites par nos ventes d'énergie depuis l'origine, jusqu'au 31 décembre dernier :

ANNÉES.	NOMBRE d'abonnés.	NOMBRE DE LAMPES au comptr.	à forfait.	Total.	ARCS.	FORCE motrice. — NOMBRE de chevaux.	RECETTES d'éclairage et de force (1).
1898	471	4986	1114	6100	54	20	fr 61797,92 (2)
1899	565	6710	1578	7288	53	21,5	89970,37
1900	753	7198	1990	9189	57	87 2/3	115695,76
1901	1081	9368	2644	12012	53	437 2/3	162055,81
1902	1295	10836	2994	13830	53	518 3/4	209692,32
1903	2402	12754	4239	16993	54	601	253468,16
1904	2737	14353	4299	18652	54	657	291171,50
1905	3076	14784	5583	20367	54	798 1/2	321819,60

(1) Les chiffres de cette colonne comprennent les recettes de l'éclairage et de la force motrice *seulement*.

(2) Pendant 9 mois, du 28 mars au 31 décembre 1898.

L'exercice 1905 se traduit en définitive par une augmentation de 339 sur le nombre de nos abonnés, de 1715 sur la quantité des lampes de toutes puissances installées, de 141,5 chevaux sur le nombre de chevaux de force motrice vendus.

Quant aux recettes produites par les diverses branches de notre exploitation, y compris la location de compteurs et d'installations, elles atteignent, déduction faite des pertes dues à l'insolvabilité de certains clients (692fr,30) et des rabais que nous avons été obligés de consentir à divers acheteurs de force motrice (2993fr,70), à un total de 331607fr,35 contre un total de 300399fr,04 en 1904. Remarquons, en passant, que le chiffre assez élevé de 2993fr,70, rabais à divers clients, constitue une anormalité due à l'extrême rigueur de l'hiver dernier et aux basses eaux exceptionnelles de janvier et février qui nous ont, comme du reste pour la plupart des exploitations régionales similaires, contraints à suspendre momentanément la fourniture de l'énergie électrique chez certains abonnés.

La balance des comptes « Frais généraux et Profits et Pertes » fait ressortir ce dernier en excédent de 175188fr,09 qui représentent les bénéfices bruts de l'exercice.

Sur cette somme, votre Conseil, persévérant dans la voie de prudente administration que vous avez approuvée les années précédentes, et en conformité des prescriptions statutaires, a prélevé tout d'abord 31500fr pour former une provision destinée au remboursement de 63 obligations et, en second lieu, 69428fr,09 qui ont été affectés à l'amortissement de certains chapitres de l'actif, ainsi que vous pouvez vous en rendre compte par la lecture du bilan.

En réalité, les dépréciations subies en 1905 par ces divers chapitres sont plus élevées, car, à ces 69428fr,09, nous avons ajouté les 30500fr, produit du remboursement en 1905 des 61 obligations sorties au tirage du 25 mars dernier, ce qui porte le chiffre total des amortissements effectués, cet exercice-ci, à 99928fr,09.

Tous ces prélèvements faits, il reste comme *Bénéfices nets* une somme de 74259fr,40 sur la répartition de laquelle vous aurez à vous prononcer tout à l'heure.

Voici la répartition des bénéfices que nous soumettons à votre approbation :

Bénéfices nets de l'exercice 1905	fr	fr 74259,40
A la réserve légale 5 pour 100	3759,40	
Dividende	64800 »	
Réserve extraordinaire	5700 »	
		74259,40

SITUATION AU 1er JANVIER 1906.

Actif.

Frais de 1er établissement	fr 95509,49	
Amortissement	40509,49	55000 »
Concessions	115000 »	
Amortissement	25000 »	90000 »
Bréda : chutes, terrains, bâtiments	770487,70	
Matériel hydraulique	138670,30	
Matériel électrique	214549,65	1123707,66
Cernon : chutes, terrains, bâtiments	131951 »	
Matériel hydraulique	114046,90	
Matériel électrique	86398,60	332396,50
Carbure	144207,30	
Amortissement	89207,30	55000 »
Lignes primaires		264832,34
Lignes secondaires		163679,42
Transformateurs-abaisseurs	121701,60	
Amortissement	19701,60	102000 »
Matériel	26906,60	
Amortissement	11706,60	15200 »
Mobilier		2912,54
Magasins		4462,67
Compteurs	53829,60	
Amortissement	23829,60	30000 »
Cautionnement		45522,35
Caisse : espèces en caisse ou en banque		715,30
Débiteurs divers		55324,23
Installation des bâtiments militaires	20608,15	
Amortissement	14608,15	6000 »
Installation des bâtiments communaux	10159,48	
Amortissement	5159,48	5000 »
Installations gratuites	60990,50	
Amortissement	41037,26	19953,24
Frais généraux : Assurances de 1906		2356,80
Avances sur affaires en litige		2569,65
Primes de remboursement		24600 »
Obligations disponibles		50000 »
		2451232,70

Passif.

Capital-Actions		1200000 »
Capital-Obligations	1000000 »	
Obligations amorties	59000 »	941000 »
Réserve légale		16974,44
Réserve extraordinaire		30200 »
Créanciers divers		89408,74
Dépôts		30000 »



	fr	fr
Nantissements	20000 »	
Remboursement	5000 »	15000 »
Obligations amorties restant à rembourser		13500 »
Dividendes restant à payer		6034,60
Coupons d'obligations		12814,92
Réserve pour amortissement de 63 obligations		31500 »
Dividende 5,40 pour 100		64800 »
		2451232,70

Amortissements depuis l'origine :

Exercice	1899	2730 »
»	1900	» »
»	1901	50629,42
»	1902	29432,26
»	1903	25744,01
»	1904	82733,55
»	1905 Amortissements	99928,69
»	1905 Provision pour remboursement de 63 obligations	31500 »

Réserves au 1er Janvier 1906.

Légale	16974,44
Facultative	30200 »
	369872,37

Dividendes distribués

Exercice	1899, 3 pour 100	30000 »
»	1900	» »
»	1901	» »
»	1902, 3 pour 100	30000 »
»	1903, 5 pour 100	60000 »
»	1904, 5 pour 100	60000 »
»	1905, 5,40 pour 100	64000 »
		244800 »

COMPTES DE FRAIS GÉNÉRAUX ET DE PROFITS ET PERTES.

Frais généraux.

Appointements, salaires, émoluments du Conseil d'administration et du Commissaire, etc.	51385,30
Frais d'exploitation divers	44429,16
Réparations et entretien	18058 »
Intérêts et impôts sur le revenu, et intérêts de banque	42546,80
Balance	175188,09
	331607,35

Profits et pertes.

Recettes :		fr	
Éclairage public		26060 »	
» particulier		215377,95	
Force motrice		80381,65	
Locations d'appareils		8933,20	330725,80
Divers :			
Intérêts du cautionnement		1423,50	
Bonis divers		1794,80	
Remboursement de cautionnement		1322,25	
		4540,55	
Moins :			
Pertes :	fr		
Débiteurs insolvables	692,30		
Rabais divers :			
Éclairage et force motrice	2993,70	3686 »	854,55
			331607,35

INFORMATIONS DIVERSES.

Traction. — LOCOMOTIVE A VAPEUR DE 2500 CHEVAUX. — Les électriciens qui escomptent l'*électrification* des grandes lignes de chemins de fer devront prévoir la construction de locomotives extrêmement puissantes si les Compagnies exploitantes ne veulent pas modifier leur mode d'exploitation en même temps que le mode de traction. Une locomotive à vapeur de 2500 chevaux, probablement la plus puissante qui ait jamais été construite, est, en effet, exposée actuellement à Nuremberg par les ateliers Maffei, de Munich; elle est destinée à la remorque des trains express des chemins de fer bavarois. Elle pèse 76 tonnes à vide et 84 tonnes en service; si l'on y ajoute un tender contenant 8 tonnes de charbon et 26 tonnes d'eau et pesant 53 tonnes, on arrive au poids total relativement très faible de 137 tonnes pour l'ensemble. Cette machine compound à 4 cylindres est timbrée à 14 kg: cm² et possède un surchauffeur Schmidt; elle a deux essieux centraux couplés à grandes roues de 2m donnant un poids adhérent de 32 tonnes et un boggie porteur à deux roues de 1m à l'avant et à l'arrière.

Électrochimie. — COMPAGNIE GÉNÉRALE DE L'OZONE. — Cette Société, dont le siège social est 11 *bis*, boulevard Haussmann, et dont le capital social est de 300000fr, vient de se former pour l'exploitation des brevets et procédés P. Otto.

NORTH WESTERN CYANAMIDE Co. — Cette Compagnie vient d'être fondée pour l'exploitation en Angleterre des procédés Siemens et Halske pour la fabrication de la cyanamide. Comme la Société des Produits azotés, en France, c'est une filiale de la Société générale pour la Cyanamide, de Rome.

Éclairage. — FABRICATION DES MANCHONS POUR L'ÉCLAIRAGE AU GAZ. — Aujourd'hui que les terres rares sont d'un usage courant pour la fabrication de certains filaments de lampes électriques et où l'emploi des métaux très réfractaires donne l'espoir que l'incandescence électrique pourra désormais lutter avec l'incandescence par le gaz, il est intéressant de savoir comment sont fabriqués les manchons genre Auer, quel est leur prix de revient et leur durée et quelle est la consommation du gaz par unité d'intensité lumineuse. Le *Moniteur de l'Industrie du gaz* donne sur ce sujet les renseignements qui suivent :

« L'administration municipale de Magdebourg s'est décidée, il y a quelque temps, à fabriquer elle-même les manchons destinés à l'éclairage public.

» A cet effet, on a aménagé dans l'usine à gaz un atelier muni d'une chambre de dessiccation, d'une presse à main, d'une machine à tordre, d'armoires, etc. Le tout est revenu à 2000fr.

» La fabrication ne présente aucune difficulté. On produit deux sortes de manchons : des manchons *transportables* en coton et des *non transportables* en ramie. Ces derniers sont placés immédiatement sur les becs aussitôt flambés. Il existe une assez grande différence entre les deux sortes de manchons, différences dues à la forme du tissu et à la quantité aussi bien qu'à la composition des cendres.

» On remarque également de grandes différences dans les terres rares employées principalement dans le nitrate de thorium qu'on emploie avec une addition de 1 pour 100 de nitrate de cérium en forte dissolution (1 partie de nitrate pour 2,7 parties d'eau). Il paraît que d'autres additions, telles que des nitrates de beryllium, de lanthane et de zirconium augmentent la solidité du manchon; le nitrate d'ammonium facilite le flambage.

» On laisse saturer les tissus bruts, absolument secs, toute une nuit dans le liquide. Ils passent ensuite entre les cylindres en caoutchouc de la machine à tordre qui expulse tout excédent d'humidité.

» C'est la meilleure manière de répartir également les terres éclairantes sur tout le manchon. Le manchon en coton ordinaire contient alors 5^g de liquide, ou $1^g,3$ de nitrate de thorium, correspondant à un squelette de cendre de $0^g,6$.

» Les manchons saturés sont séchés sur des cylindres en verre épais, fermés à leur partie supérieure et ayant 15^{cm} de hauteur sur 4^{cm} de largeur. On fait ensuite la couture de la tête avec du fil d'amiante. Une ouvrière peut coudre par jour 600 manchons. Une fois cousue, la tête du manchon est encore saturée d'une dissolution de nitrate de magnésium et d'aluminium qui y est appliquée avec un pinceau.

» C'est dans cet état que les manchons dits *non transportables*, en ramie, sont remis aux employés du service de l'éclairage qui les calcinent et les placent directement sur les brûleurs des lanternes publiques; tandis que les manchons *transportables* en coton sont formés et durcis dans le local de l'usine. Avant d'être suspendus au crochet de dessiccation ils sont trempés dans une dissolution de celluloïd qui les recouvre d'une sorte de pellicule dure. On les découpe ensuite en longueurs voulues avec des ciseaux.

» Une seule ouvrière peut fabriquer, en 8 heures, 270 manchons non transportables et 100 transportables.

» On a produit depuis un an 44668 manchons.

» Le transportable revient à 13,7 pfennigs et le non transportable à 10,2.

» Mais on pourrait réaliser des économies sensibles en recueillant les cendres des manchons hors de service qu'on traiterait à nouveau dans le laboratoire pour en obtenir le nitrate de thorium, ce qui serait très facile.

» Les manchons fabriqués par l'usine à Magdebourg ne le cèdent en rien, comme qualité, à ceux du commerce. L'essai photométrique donna pour le manchon en ramie une intensité lumineuse de début de 78,6 bougies Hefner avec une consommation de gaz de 120^l à l'heure, soit une bougie par $1^l,5$, et, après une durée d'allumage de 300 heures, encore de 74,9 bougies Hefner ($1^l,6$ par bougie). Le pouvoir éclairant du manchon en coton est de 92,2 bougies Hefner ($1^l,3$ par bougie).

» Les manchons en service continu sont changés tous les 55 jours, ce qui est une durée d'utilisation normale quand on considère les conditions atmosphériques qui prévalent à Magdebourg. »

Télégraphie. — TÉLÉGRAPHIE SANS FIL TRANSATLANTIQUE. — D'après une Note du 6 octobre du Nord Deutscher Lloyd, le paquebot *Bremen* de cette Compagnie a pu recevoir des messages envoyés de la station allemande de Naum avec le système Telefunken à une distance de plus de 2000^{km}. Ce résultat est intéressant par le fait que plus de la moitié du parcours est au-dessus de la terre.

— Cinq navires de la Old Dominion Line, qui font la traversée de New-York à Norfolk, vont être munis d'appareils De Forest.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL SUR LES CHEMINS DE FER. — D'après un récent rapport du consul américain de Chemnitz, des essais sont faits sur la ligne de Berlin-Zossen en vue de maintenir constamment en communication un train en marche avec les stations au moyen de la télégraphie sans fil. Les résultats de ces essais seraient très satisfaisants, et il serait question d'appliquer le système à brève échéance sur les chemins de fer de l'État.

Brevets d'invention. — SUR LE DROIT DES EMPLOYÉS A PROFITER DE LEURS INVENTIONS. — Voici les vœux émis par le VIe Congrès international de Chimie appliquée, tenu à Rome cette année, concernant les inventions faites par les employés.

1° L'invention doit en règle générale appartenir à celui qui l'a faite et non pas à l'industriel auprès duquel l'inventeur est employé, à moins qu'on n'ait établi le contraire par des traités ou contrats spéciaux.

2° Les modifications ou perfectionnements d'une invention, exploitée déjà par l'industriel, lui appartiennent de même, sauf les indemnités qu'il sera obligé de payer à l'inventeur et qui, faute d'une entente éventuelle, pourront être déterminées par les tribunaux, des arbitres, des conseils de prud'hommes.

3° S'il s'agit de secrets de fabrique, les inventions faites par un employé doivent appartenir à l'industriel, si elles ne sont que des dérivations ou modifications de ce secret; si le secret n'est que l'occasion d'une invention originale ou différente, celle-ci appartient à l'inventeur.

4° Si l'on n'est pas à même de déterminer l'auteur ou les auteurs d'une invention faite dans un établissement, l'invention appartient au propriétaire.

Société internationale des Electriciens. — ORDRE DU JOUR DU 7 NOVEMBRE. — La prochaine réunion mensuelle de la Société internationale des Electriciens aura lieu le mercredi 7 novembre, à 8^h30^m précises du soir, dans la salle des séances de la Société d'Encouragement 44, rue de Rennes (place Saint-Germain-des-Prés).

L'ordre du jour indique les deux Communications suivantes :

1° Compte rendu de la réunion de la Commission électrotechnique internationale à Londres, par M. Janet.

2° Nouveau galvanomètre enregistreur de MM. Blondel et Ragonot et ses applications à l'étude des courants alternatifs, par M. Boutin.



Tome VI. **N° 69. — 15 novembre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ALTERNATEURS.

Une nouvelle construction de système inducteur pour turbo-alternateur, par E. ROSENKOTTER. (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXVII, 25 octobre 1906, p. 987). — Parmi les problèmes posés aux constructeurs de dynamos, le plus difficile est sans contredit celui de la construction des turbo-dynamos, aussi bien pour courant continu que pour courants alternatifs.

En ce qui concerne les turbo-dynamos, à courant continu, les difficultés sont d'ordre électrique, principalement la formation d'étincelles au collecteur.

Pour les turbo-alternateurs avec inducteurs à pôles saillants, à cause de la grande vitesse circonférentielle et du grand poids des pièces en mouvement, il est nécessaire d'employer des matières de première qualité et d'obtenir une exécution parfaite.

Les moyens de fixation habituels tels que coins, boulons, queues d'aronde ne suffisent généralement plus et l'on doit employer des modes de construction qui permettent de ne pas dépasser la limite de sécurité des matériaux employés.

L'auteur donne (*fig.* 1 et 2) les coupes longitudinales et transversales d'un alternateur pour machine de 1500 kilowatts à 1500 t : m, triphasé, 50 périodes, 6000 volts, construit par MM. Bruce, Peebles and Co. Les rendements de cette machine avec $\cos\varphi = 1$ et en comprenant toutes les pertes sont les suivants :

Pleine charge	95,3 pour 100
Trois quarts de charge	94,3 »
Demi-charge	91,8 »

La construction du stator n'offre aucune particularité. Le rotor est constitué par une seule pièce d'acier de première qualité, les pièces polaires sont également venues de fonte. Cette pièce est calée sur l'arbre à la presse hydraulique avec une pression de 100 tonnes environ.

L'enroulement d'excitation est constitué par une bande de cuivre plat, les spires sont isolées entre elles par une bande de leatheroïd. Suivant la tension du courant d'excitation, chaque pôle porte deux ou trois bobines couplées en série. L'enroulement du cuivre suivant sa plus petite épaisseur offre plusieurs avantages sur le mode d'enroulement sur champ généralement adopté : le prix de fabrication est considérablement réduit; ensuite, dans le dernier cas, l'enroulement doit être maintenu par des cales ou coins prenant appui sur les pièces polaires, ce qui cause un effort supplémentaire sur les boulons de fixation de ces dernières, qui sont ainsi inutilement surchargés. Cet inconvénient est évité par l'emploi de cuivre enroulé à plat qui peut s'ajuster convenablement sans jeu dans son logement.

Les bobines sont maintenues sur les côtés par des

coins en bronze fixés sur la pièce d'acier à l'aide de boulons en acier au manganèse; ces coins empêchent les spires de s'écarter et en même temps servent à ventiler activement la machine par une disposition convenable de nervures.

La figure montre que ce mode de construction est parfaitement possible pour des rotors à 4 pôles, mais il est facile de se rendre compte qu'il n'en est plus de même quand le nombre de pôles est de 6 ou au delà, car les pôles voisins rendent l'enroulement à peu près impossible.

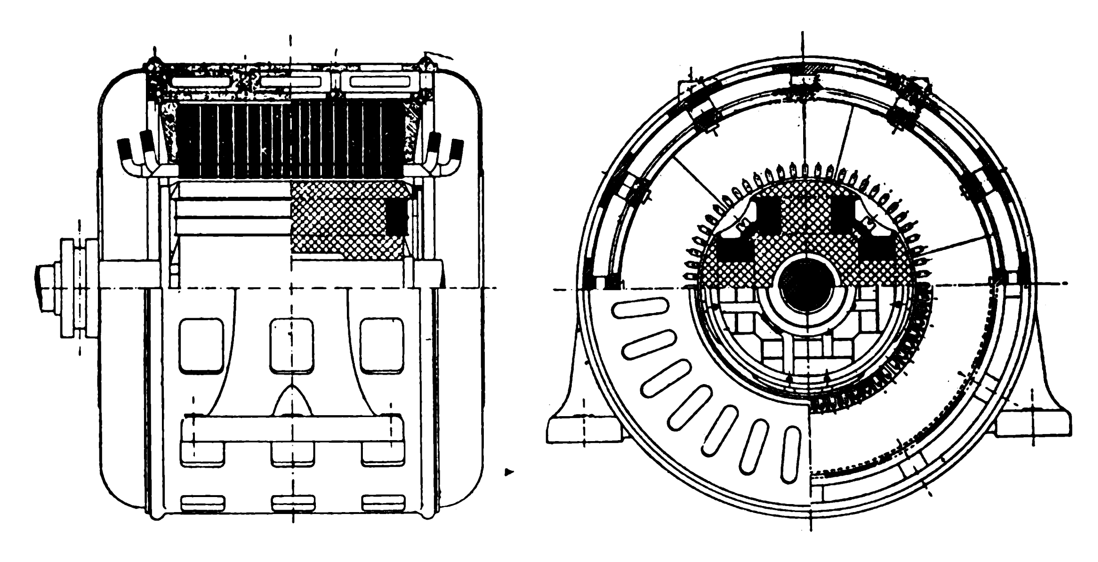


Fig. 1. Fig. 2.

On est alors forcé de rendre les pièces polaires amovibles et de les fixer par les moyens ordinaires; il est dans ce cas préférable de recourir à l'enroulement de cuivre sur champ.

Les résultats satisfaisants obtenus par l'auteur avec la première disposition l'ont amené à chercher le moyen de la rendre possible pour les rotors à nombre de pôles plus grand que quatre.

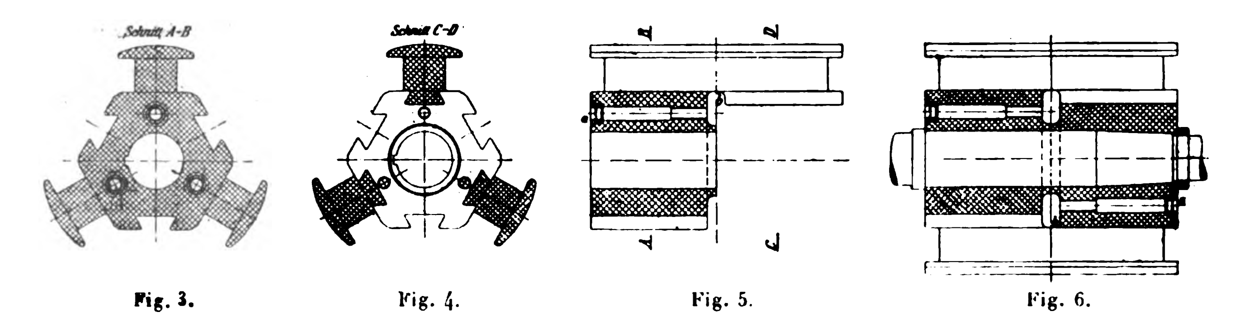


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Les figures 3 à 6 montrent le système adopté par l'auteur. Le rotor consiste en deux pièces séparées portant chacune la moitié des pôles; entre deux pôles appartenant à l'une de ces pièces vient se loger un des pôles de l'autre pièce, l'ajustement des pôles sur le noyau est fait en queue d'aronde, les deux pièces sont reliées par des boulons et alésées ensemble.

Il est facile de voir que ce mode de construction permet l'emploi de bobines d'excitation enroulées en cuivre plat comme il a été dit précédemment.

S'il devient nécessaire de faire l'enroulement d'une ou de plusieurs bobines, il suffit de séparer les deux parties en se servant de boulons passant dans les trous *a* comme de presses à vis; ce travail est facilité par la forme conique de l'arbre.

Pendant la marche normale, les trous *a* restent libres et servent au passage de l'air pour la ventilation activée, comme nous l'avons vu plus haut, par la forme spéciale des pièces en bronze maintenant les bobines.

La même construction peut évidemment être employée pour des rotors à plus grand nombre de pôles.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

CANALISATIONS.

L'évolution des câbles employés pour la distribution de l'énergie électrique. — Je n'ai pas l'intention de donner ici une description détaillée de tous les modèles de câbles imaginés pour la distribution de l'énergie électrique. Je veux seulement faire connaître les divers types de câbles employés *d'une manière courante* depuis les débuts des applications électriques jusqu'à l'heure actuelle.

En Amérique, où furent faites les premières installations d'éclairage électrique, on employa longtemps le système Edison ou du conduit solide consistant en tronçons *rigides* de 6^m environ à enveloppe en tubes de fer posés en terre et réunis par de petites boîtes en fonte.

Les tronçons, fabriqués à l'usine, sont constitués par un tube d'acier dans lequel on introduit deux ou trois barres rondes massives de cuivre, maintenues à l'écartement voulu et que l'on remplit ensuite d'une matière bitumineuse par aspiration d'une pompe.

Les tronçons posés en terre presque bout à bout sont réunis par des connecteurs flexibles en toron de cuivre dont les extrémités portent des douilles dans lesquelles sont engagés et serrés les bouts des conducteurs des deux tronçons voisins. Les deux ou trois connecteurs, écartés les uns des autres, sont alors recouverts par une boîte en fonte boulonnée en deux parties que l'on remplit de matière bitumineuse.

L'installation de Deptford, près Londres, faite par Ferranti en 1889, comportait également des câbles rigides posés en terre en longueurs de 6^m, composés de deux tubes massifs concentriques de cuivre renfermés dans un tuyau de fer, mais isolés d'une manière tout à fait différente à l'aide d'un enroulement de bandes de papier imprégnées dans l'huile (car ils devaient fonctionner sous une tension alternative de plusieurs milliers de volts). Les joints étaient faits par des manchons en cuivre emboîtés dans les tubes de cuivre et recouverts de bandes de papier. Le tout était recouvert par un manchon en fer à peine plus gros que le tube en fer des conducteurs et scellé avec de la cire fondue.

Ces systèmes de canalisations rigides qui, ne présentant aucune flexibilité, n'admettaient aucun tassement du sol, ont été vite abandonnés.

Le système Callendar, employé d'une manière assez étendue en Angleterre il y a 15 à 20 ans, a été abandonné également à cause de son manque de flexibilité, quoiqu'il ne fût pas absolument rigide. Il était constitué par un toron de cuivre d'assez grande longueur recouvert à l'usine d'une couche de matière bitumineuse.

On ne pouvait guère le poser directement dans le sol, car la couche isolante se serait fendillée et aurait causé des pertes sérieuses : on le plaçait généralement dans des conduites où l'on aspirait de l'asphalte qui venait l'emprisonner et le maintenir rigidement dans la conduite.

Je ne parlerai que pour mémoire des canalisations anciennes en fil de cuivre posé sur isolateurs (montés sur poteaux en bois ou métalliques), qui sont évidemment les plus économiques et permettent l'emploi de tensions très élevées, mais leur usage n'est guère permis qu'en pleine campagne et non dans les villes; elles sont donc plutôt réservées aux transmissions d'énergie à grande distance qu'aux distributions proprement dites. Il y a 15 à 17 ans, on a établi, à Paris, dans les Secteurs Edison et de la Transmission de la force et dans plusieurs Secteurs de Londres, des canalisations en conducteurs de cuivre nu posés sur des isolateurs montés dans des caniveaux en ciment établis sous les trottoirs des rues. Ce système ne s'est pas répandu, parce que l'isolement est très difficile à maintenir dans des caniveaux forcément humides et exige de fréquentes insufflations d'air par des ventilateurs puissants; en outre, l'établissement des caniveaux est très coûteux dans les grandes villes, de sorte que le système n'est guère plus économique que celui par câbles isolés. Son seul avantage est la grande facilité d'installation des joints et des branchements à l'aide de simples mâchoires en laiton sans aucune isolation.

A partir de 1890, on a beaucoup employé les câbles isolés au caoutchouc et l'on continue encore à les employer pour les canalisations à tension basse ou moyenne jusqu'à 2000 ou 3000 volts. Le caoutchouc constitue pour ces applications un isolant parfait, car il offre une résistivité très élevée, une grande souplesse et enfin une imperméabilité complète. Cette dernière propriété du caoutchouc de conserver ses qualités isolantes dans les milieux les plus humides permet de constituer des câbles sans enveloppes étanches.

La gutta-percha, employée sur une ou deux canalisations de lumière très anciennes en Angleterre, est encore plus imperméable que le caoutchouc, mais elle ne convient pas pour les câbles supportant de forts courants qui la ramolliraient bien vite.

Beaucoup de réseaux à 100 ou 200 volts ont été installés en France et en Angleterre avec des câbles constitués par un toron de cuivre recouvert d'une couche de caoutchouc pur (pour que le soufre du caoutchouc vulcanisé n'attaque pas le cuivre), de deux ou trois couches de caoutchouc vulcanisé, puis extérieurement d'un simple ruban ou d'une tresse en chanvre : ces câbles sont introduits soit dans des tuyaux en fer, soit dans des conduites en ciment ou poteries servant simplement de protection mécanique. Cette disposition a le grand avantage de permettre de sortir très facilement les câbles en cas de réparation ou de changement sans avoir à ouvrir le sol; elle est employée d'une manière générale en Amérique où, depuis 15 ans, on a abandonné les systèmes primitifs et fait un grand usage de câbles isolés au caoutchouc pour les réseaux de lumière et de traction.

Les câbles isolés au caoutchouc sont rarement mis sous plomb, parce que cette enveloppe n'est pas nécessaire si le câble est placé dans une conduite, et ne constitue pas une protection mécanique suffisante pour permettre la pose directe dans le sol. Mais on recouvre quelquefois le câble d'une enveloppe de plomb puis d'une armature en fil ou ruban de fer : il peut alors être placé directement en terre; l'absence de tubes ou conduites et la facilité de pose rendent l'installation à peu près aussi économique que par câbles non armés tirés dans des tubes ou conduites, mais on est obligé d'ouvrir une tranchée si l'on a une portion de câble à remplacer.

Les joints et branchements des câbles au caoutchouc demandent à être exécutés avec soin, soit dans des boîtes avec connexions métalliques noyées dans une matière isolante coulée, soit par une jonction directe des conduites recouvertes d'un ruban de caoutchouc pur puis d'une couche de caoutchouc et de soufre vulcanisée sur place dans un moule chauffé avec des lampes à alcool et finalement d'un ruban protecteur; ce dernier procédé donne un joint plus parfait que le premier, mais il exige du temps et de l'habileté, il ne permet pas de faire des modifications ultérieures sans recommencer tout le travail.

Les câbles au caoutchouc ne se prêtent pas à l'établissement de modèles à deux et à plus forte raison à trois conducteurs concentriques, qui seraient très coûteux et même très difficiles à exécuter à cause de la nécessité de vulcaniser successivement après sa pose chacune des couches isolantes. Si l'on a à transmettre des courants alternatifs, on peut, pour éviter les effets d'induction sur les circuits téléphoniques voisins, soit tirer les deux ou trois câbles sous ruban dans un tube unique en fer, soit recouvrir ces deux ou trois câbles cordés ensemble d'une enveloppe de plomb unique et d'une armature en fils de fer. S'il s'agit de courant continu, rien n'empêche, bien entendu, d'employer des câbles séparés, armés ou non armés, puisqu'il n'y a pas d'effets d'induction à craindre.

Mais les câbles sous caoutchouc ne sont guère employés pour les courants alternatifs, surtout depuis une dizaine d'années, parce que, si la tension de travail est élevée, ils deviennent très coûteux, à cause de la grande épaisseur de caoutchouc à employer, non pas tant pour éviter les pertes par défaut de résistivité d'isolement, qui ne seraient jamais importantes, que pour éviter que la couche soit percée en cas de surtension par ce qu'on appelle le manque de *rigidité diélectrique*.

En Allemagne, où existent plus qu'ailleurs des distributions à courant continu très importantes, exigeant, par conséquent, des conducteurs très gros, on a cherché à fabriquer des câbles moins coûteux que ceux sous caoutchouc et l'on a réalisé ainsi, dès 1885, les câbles sous jute. Ces câbles, créés d'abord par la maison Siemens, sont constitués par un conducteur recouvert de jute ou autre matière fibreuse imprégnée à chaud d'un mélange isolant de bitume, résines et autres produits. Cette matière fibreuse présente un isolement et une rigidité électrique suffisants jusqu'à 2000 volts environ, à condition d'être rigoureusement privée d'humidité; il est donc indispensable de la recouvrir aussitôt après son imprégnation d'une enveloppe en plomb ayant et conservant une étanchéité parfaite; la moindre fissure qui se produit dans le plomb permet à l'humidité de pénétrer et fait perdre au jute toutes ses qualités isolantes. On a constaté de ce fait, au début, d'assez nombreux courts-circuits qui ont pu ensuite être évités en perfectionnant les procédés de pose de l'enveloppe de plomb, qui est formée autour du câble par une filière annulaire alimentée par une presse à chaud et à forte pression. Les câbles sous jute sont généralement armés par des fils ou bandes de fer et posés directement en terre. Les jonctions et branchements se font par des pièces en laiton dans des boîtes en fonte où l'on coule une composition isolante analogue à celle du câble. Ils se prêtent très bien à la fabrication des câbles concentriques à trois ou cinq conducteurs pour distributions à courant continu à deux ou quatre ponts (parce que l'on peut sans difficulté appliquer plusieurs couches isolantes séparées par des conducteurs); dans ce cas la forme concentrique n'est pas employée pour éviter les effets d'induction (qui n'existent pas en continu), mais parce qu'elle est plus économique avec son enveloppe, ou armure unique, que la disposition par conducteurs séparés. Pour le courant alternatif la forme concentrique est depuis longtemps abandonnée, parce que, si elle évite les effets d'induction,

elle donne au câble multiple une forte capacité; on a adopté universellement la forme en conducteurs séparés, torsadés ensemble et placés dans une même enveloppe en plomb armée, qui supprime en grande partie la capacité en même temps que l'induction; d'ailleurs les câbles sous jute ne sont presque jamais employés en alternatifs parce qu'ils ne présenteraient pas une sécurité suffisante pour les tensions élevées en usage.

Les câbles isolés avec des matières fibreuses, jute, ont été employés surtout en Allemagne, et un peu en Amérique et en France, mais il ne se sont pas répandus énormément parce qu'on a trouvé un type qui n'est pas plus cher et qui lui est bien supérieur : c'est le câble isolé avec du papier imprégné d'un mélange renfermant des résines et des huiles et peu de matières bitumeuses. Ce type ne doit, pas plus que celui sous jute, être accessible à l'humidité et il exige, tout comme ce dernier, une enveloppe en plomb posée avec beaucoup de soin de manière à avoir et à conserver une étanchéité parfaite, mais le papier imprégné, en raison probablement de sa texture très serrée, présente une rigidité électrique bien plus considérable que les matières textiles.

CH. JACQUIN.

BREVETS RÉCENTS (1).

Systèmes: BERRY. BP. 19015, 1905 (distribution électrique). — BURKE. USAP. 823505, 9 décembre 1902 (système de transmission). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 25405, 1905 (distribution électrique). — JACKSON. BP 12493, 1906 (distribution électrique).

Canalisations: *Conducteurs et conduites :* BOSTFOM. BF. 368239, 20 juillet 1906 (appareil pour enfiler ou poser des câbles dans les conduites). — BRITISH INSULATED AND HELSBY CABLES, LIMITED et NISBETT. BP. 11149, 1905 (liaison de conduites électriques). — DAWSON. BP. 12170, 1905 (câbles électriques). — DUCOUSSO. BF. 368052, 13 juillet 1906 (perfectionnements apportés aux canalisations électriques). — GEOFFROY et DELORE. BF. 367774, 5 juillet 1906 (perfectionnements aux câbles électriques à haute tension). — HOLMES. BP. 18118, 1905 (conducteurs électriques). — KILIGET. USAP. 825236, 27 septembre 1905 (suspension pour câbles ou fils). — KNIGHT et NAGEL. BP. 21071 et 25669, 1905 (conduits pour câbles). — KUHLO. BF. 317158, 14 juin 1906 (conducteurs électriques). — LEA. BP. 18016, 1905 (câbles électriques). — LETROTEUR. BP. 2548, 1906 (conduites électriques). — LUTZ. USAP. 825227, 14 mais 1905 (conduite flexible). — PEIRCE. USAP. 825069, 27 février 1905 (conduite électrique). — QUINCEY et HARISSON. BP. 16491, 1905 (appareil à enrouler les conduites flexibles).

Coupe-circuits et fusibles: ANDREWS. USAP. 822234, 13 mars 1901 (coupe-circuit électromagnétique). — ARMOR. USAP. 822336, 8 juin 1903 (coupe-circuit thermique). — CALLENDER'S CABLE AND CONSTRUCTION C°. BP. 25614, 1905. — CHEYNE. USAP. 819206, 12 janv. 1905 (coupe-circuit et commutateur combinés). — HEPKE. USAP. 823044, 16 février 1905 (fusible à fils multiples). — HEWLETT. USAP. 818376, 8 août 1903. — HUBBELL. USAP. 819657, 29 oct. 1904 (cartouche pour fusible). — LAKE. BP. 9966, 1905. — READ. USAP. 818291, 26 sept. 1904. — RICHARDSON. USAP. 824439, 25 août 1905. — SCHWARTZ. BP. 4237, 1905. — SHERWOOD. USAP. 819608, 16 juin 1905 (boîte pour fusible). — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 172958, 31 déc. 1904 (fusible).

Parafoudre: JOHNSTON. USAP. 822610, 11 juillet 1901.

Dispositifs de protection divers: ALEXANDERSON. USAP. 819627, 16 juillet 1903 (dispositif de protection pour circuit à courant alternatif). — BENNETT. BP. 18076, 1905. — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 194993, 3 janvier 1906 (dispositif de protection contre les surtensions). — CHAPMAN. USAP. 824339, 7 nov. 1904 (dispositif de sécurité contre les charges statiques). — CORELL. USAP. 822043, 21 déc. 1904 (dispositif de sécurité en cas de rupture d'un conducteur électrique). — DOMON et MEYNIER. BF. 363982, 8 mars 1906 (protecteurs pour lignes aériennes). — EASTMAN. USAP. 818424, 17 sept. 1904 (dispositif de sûreté pour distribution par courant alternatif). — NEU. BF. 365223, 13 avril 1906. — ROLFE. USAP. 820521, 22 juin 1903. — SCHWEITZER. USAP. 823295, 26 mars 1906. — THOMSON-HOUSTON COMPANY (BRITISH). BP. 14565, 1905.

Régulateurs et appareils de contrôle: ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT DRP. 174103, 4 janvier 1906 (régulateur de tension). — BRADLEY. USAP. 821697, 9 juin 1904 (contrôleur pour circuit électrique). — BRAUN. BP. 11821, 1905 (égalisateur de charge). — COOPER. BP. 8402, 1906 (appareil de contrôle). — EDWARDS. USAP. 817232, 7 mars 1902 (régulation des circuits électriques). — FELDMANN. DRP. 173910, 27 mai 1905 (régulateur pour circuits électriques). — GIBBONEY. USAP. 821936, 19 nov. 1904 (régulateur de courant). — KANMACHER. USAP. 820877, 22 juin 1904 (contrôleur pour circuits électriques). — KLOPFENSTEIN. BF. 361446, 6 mai 1905 (régulateur automatique de tension électrique). — LEONARD. USAP. 817719 et 817720, 30 novembre 1901 et 26 janv. 1903 (contrôleur pour circuit électrique). — LUX. USAP. 12490, 5 avril 1906 (contrôleur pour circuit). — MIDGLEY et REED. BP. 999, 1906. — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 174081, 30 oct. 1904 (régulateur automatique pour batteries tampon sur les réseaux à courant alternatif). — SMART (CAMPBELL). DRP. 173937, 24 sept. 1904 (dispositif pour empêcher le fonctionnement du disjoncteur dans les circuits d'éclairage à courant alternatif dans le cas où un arc s'éteint). — TUDOR. BF. 364405, 19 mars 1906 (économiseur électrique automatique). — WELLS. USAP. 821909, 10 nov. 1903 (régulation d'un circuit électrique à l'aide d'une dynamo accouplée à un volant et d'un survolteur). — WIKANDER. USAP. 824225, 19 juin 1905 (régulateur de tension).

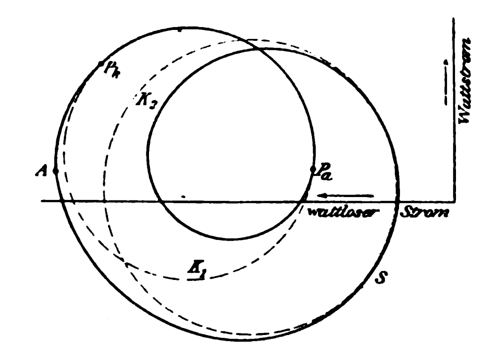
Appareils divers: DOMMERQUE. USAP. 822590, 11 octobre 1902 (tableau de distribution). — GAIFFE. BF. 365509, 23 avril 1906 (condensateurs à isolants fluides ou pouvant être rendus fluides par une légère élévation de température). — MARCHANT. USAP. 823183, 7 août 1905 (tableau de distribution). — MASSIE. USAP. 820363, 2 mars 1905 (condensateur).

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS ÉLECTRIQUES.

Le diagramme des moteurs asynchrones couplés en cascade, par J.-L. LA COUR (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXVII, 11 octobre 1906, p. 963). — Comme suite à une discussion entre le Dr Breslauer et Jonas, l'auteur écrit que le diagramme du couplage en cascade n'est pas représenté par deux cercles, mais qu'il a la forme d'une boucle, comme le montre la figure où cette boucle est indiquée en traits forts.



Les trois points A, P_k et P_a, se rapportent aux cas où on a les glissements $s = \infty$, $s = 1$ (arrêt) ou $s = 0$ (synchronisme). Dans ce dernier cas, on obtient le nombre de tours correspondant au synchronisme pour la somme des pôles des deux machines.

La boucle donnée par la figure est seulement valable pour les cas où les moteurs ont une grande résistance et un grand coefficient de dispersion ; elle est simplement destinée à servir d'exemple.

Une partie de la boucle, justement celle qui correspond à la marche comme moteur, peut être remplacée par des portions de cercles K_1 et K_2 (indiqués en pointillé sur la figure). Ces cercles ne correspondent en aucune façon au diagramme ordinaire des moteurs à champ tournant. L'auteur ne donne pas la théorie qui lui a permis d'établir ce diagramme.

Disposition pour éviter la formation d'étincelles aux collecteurs des moteurs série monophasés avec pôles saillants. Ateliers d'Œrlikon. (Brevet allemand, 162781, du 4 mars 1904). — Le système inducteur est constitué comme celui d'une machine à courant continu. Les pôles de commutation sont placés entre les pôles principaux ; le courant d'excitation de ces pôles est réglé en grandeur et en phase de telle sorte que la force électromotrice qu'ils créent dans la bobine court-circuitée par les balais soit égale et opposée à celle produite par la pulsation du champ principal et par la rotation.

BREVETS RÉCENTS.

Machines et appareils. — Lahmeyerwerke. DRP. 173882, 12 avril 1903 (commande de machines-outils); 174218, 23 déc. 1904 (relais). — Lamme. USAP. 822376, 22 sept. 1904 (application des courants alternatifs). — Large. BP. 25550, 1905 (marteau-pilon électrique). — Latour. USAP. 819560, 10 sept. 1904 (champ magnétique de direction constante par courant alternatif). — Lebiedzinski. BP. 21661, 1905 (phonographes). — Magnuson. USAP. 816806 et 816869, 23 mai et 17 nov. 1905) ascenseur). — Mayer. USAP. 819360, 22 mars 1905 (aiguille électrique). — Meyer. 819773, 21 déc. 1905 (aiguille électrique). — Mildé, Courtant et Minvielle. BP. 6216, 1906 (sonneries). — Mitchell et Parks. USAP. 817082, 3 janvier 1906 (soufflage des étincelles de décharge). — Muschenheim. USAP. 824430, 2 avril 1906 (tableau indicateur spécial aux hôtels). — Piggott. BP. 24835, 1906 (sonnettes électriques). — Potter. USAP. 821431, 25 juillet 1903 (dashpot). — Rideout. USAP. 820260, 11 déc. 1905 (indicateur de la manœuvre des aiguilles). — Ridge. USAP. 819804, 20 mai 1905 (avertisseur d'effraction). — Rietzel et Barstow. USAP. 821061, 5 déc. 1904 (machine-outil automatique). — Robertson. USAP. 820823, 17 juillet 1903 (avertisseur d'incendie). — Robbins. USAP. 818561, 20 oct. 1905 (aiguille). — Robinson. USAP. 15862, 1905 (sonnettes électriques). — Sahulka. BF. 365740, 28 avril 1906 (dispositif d'actionnement pour moteurs électriques ou autres appareils électriques d'utilisation. — Schultz. USAP. 817009, 28 nov. 1904 (avertisseur automatique pour canalisations de gaz consistant en une membrane placée à une des extrémités et qui en se gonflant sous l'action d'une pression trop forte ferme un circuit d'appel). — Shonnard. USAP. 824315, 2 mai 1902 (piano électrique). — Sigfried. USAP. 816612, 18 déc. 1905 (connexion flexible pour moteurs). — Smythe. USAP. 817863, 24 juin 1905 (machines à bobiner). — Snyder. USAP. 817399, 823301 à 823304, 20 déc., 2 sept., 28 nov., 1er et 6 déc. 1902 (séparateur magnétique de minerais).

Signaux : Ames et Hobson. USAP. 821916, 24 fév. 1905 (signal de chemins de fer). — Anderson. USAP. 817293, 26 déc. 1905 (signal automatique pour ch. d. f.). — Baldwin. USAP. 819397, 10 février 1904 (signal de ch. d. f.). — Baldwin et Foote. USAP. 817463, 10 août 1905 (signal de ch. d. f.). — Bergenthal. USAP. 818515, 21 juillet 1904 (signal actionné par le trôlet). — Case. USAP. 818349, 10 oct. 1904 (contrôleur de signaux). — Coleman. USAP. 818744, 6 fév. 1905 (signal). — Faller. USAP. 822888, 28 juillet 1903 (signaux apparents). — Ferdinand. USAP. 820041, 8 sept. 1903 (commande de signaux). — General Electric Company. BP. 13975, 1905 (sémaphore électrique). — Gibson et Brooker. BP. 7663. 1906 (signal). — Griffin. USAP. 820411, 820412 et 820413, 18 et 31 janvier, 28 fév. 1905 (signal de ch. d. f.). — Hayter. BP. 17772, 1905 (signal électrique). — Hewett. USAP. 818169 et 818170, 2 juin 1905 (block-signal). — Hœschen. USAP. 821801, 2 mai 1905 (signal pour ch. d. f.). — Howe. USAP. 821495, 29 août 1905 (signal et aiguille combinés). — Jeffrey. USAP. 822951, 15 nov. 1905 (signal de ch. d. f.). — Kottmair et Zwack. BP. 13796, 1906 (signaux électriques). — Lee. USAP. 817256, 31 janvier 1905 (signal pour tramways à trôlet).

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

La traction électrique sur les chemins de fer suisses. — On sait qu'à la suite d'une décision du Conseil fédéral, la substitution de l'électricité à la vapeur pour la traction sur les chemins de fer suisses a été mise à l'étude, qu'une Commission a été instituée à cet effet.

Cette étude présente, pour le développement de la traction électrique sur les grandes voies ferrées, un intérêt des plus grands. Pour les lignes de chemins de fer aujourd'hui équipées électriquement, l'adoption de l'électricité s'est trouvée en effet imposée par des conditions techniques ou hygiéniques, telles que la nécessité d'augmenter le trafic par la réduction de la durée des démarrages, la possibilité d'obtenir de grandes vitesses, ou de pouvoir franchir de fortes rampes par simple adhérence, la prohibition de la fumée, etc., sans que la question d'économie ait été considérée comme primordiale. Pour les chemins de fer suisses, c'est au contraire la question économique qui permettra de décider s'il convient ou non d'adopter la traction électrique. Il est donc bien évident qu'une réponse affirmative entraînera l'électrification des lignes traversant des régions qui, comme la Suisse, sont riches en énergie hydraulique. Or ces régions sont nombreuses et parmi elles on peut citer la haute Italie, le nord de l'Espagne, une bonne partie de l'Europe centrale, la Suède et la Norvège, et, sans aller au delà de nos frontières, le midi et le sud-ouest de la France. Déjà même des installations assez importantes de traction électrique ont été réalisées en Suisse et en Italie; en France, un projet est actuellement à l'étude pour l'application des courants alternatifs à haute tension à la traction sur 240^{km} environ du réseau des Chemins de fer du sud de la France [1].

Les résultats de l'étude entreprise par les soins du gouvernement suisse sont par suite d'intérêt général. Ils ont été partiellement exposés dans un rapport du professeur Wyssling dont le *Bulletin technique de la Suisse romande* vient de donner une traduction française. En raison de l'importance du document, nous avons pensé que sa reproduction intégrale était préférable à une analyse, même détaillée; c'est cette reproduction que nous donnons ici.

(1) Il est probable que les voitures seront équipées avec des moteurs monophasés et que la tension du courant d'alimentation sera de 6000 à 8000 volts.

Communication de la Commission suisse d'études pour la traction électrique des chemins de fer, par le Secrétaire général Prof.-Dr WYSSLING (*Bulletin technique de la Suisse romande,* 32e année, n° 20, 25 octobre 1906). — Le programme adopté en mai 1904 pour les études de la Commission a, comme premier objet principal, *la détermination de l'énergie nécessaire* pour l'exploitation électrique des chemins de fer suisses. L'importance de l'électrification des chemins de fer de notre pays ne réside pas en réalité et avant tout dans l'utilisation de certains avantages, de nature purement technique, que l'on prête à la traction électrique, et qui, dans beaucoup d'endroits, ont déterminé l'introduction de ce mode de traction (comme par exemple la possibilité d'atteindre de plus grandes vitesses, la faculté d'augmenter le trafic, l'absence de fumée, etc.); la raison principale pour la Suisse est plutôt d'ordre économique, puisqu'elle est celle de l'utilisation des forces hydrauliques du pays au lieu de l'importation de charbons étrangers.

Les premières questions à résoudre sont par conséquent : Quelle est l'énergie nécessaire? Celle-ci peut-elle se trouver dans le pays? En présence des affirmations pessimistes énoncées ces années dernières sur la quantité d'énergie hydraulique disponible, cette question s'imposait non seulement aux personnes peu au courant de ce sujet, mais encore aux techniciens, qui ne pouvaient pas la résoudre *a priori,* toutes les forces hydrauliques n'étant pas propres à être utilisées pour la traction.

Pour l'évaluation de la quantité d'énergie nécessaire, il y a lieu de considérer que celle-ci dépend dans une certaine mesure du système électromécanique adopté. A un plus haut degré encore, l'énergie nécessaire dépend des nécessités purement techniques de l'exploitation.

On a pu cependant obtenir une idée d'ensemble suffisante de cette première question en rapportant la dépense d'énergie à celle qui est nécessaire aux roues motrices des trains, dépense qui n'est fonction que dans une faible mesure du système électromécanique adopté. Pour ce qui concerne le service d'exploitation, il sera probablement nécessaire, surtout pour la jonction avec les lignes étrangères, de conserver tout d'abord avec la traction électrique les habitudes actuelles de la traction à la vapeur, celle par exemple qui consiste à faire circuler des trains relativement lourds et peu nombreux, habitude qui devra probablement être conservée longtemps encore. Si l'on se base par conséquent sur les conditions d'exploitation actuelles, on obtiendra à coup sûr la quantité maximum d'énergie qui pourra être exigée par la traction électrique.

La Commission partit de cette base et détermina les exigences auxquelles la traction électrique devait suffire au point de vue de l'exploitation technique des chemins de fer. Puis elle chargea une sous-commission,

composée d'électriciens et d'ingénieurs de nos grandes lignes, de l'étude complète de la question. A son tour, la sous-commission posa les principes à suivre dans ce travail et confia l'exécution des calculs et des études partielles à M. l'ingénieur L. Thormann, dont de temps à autre elle discuta les conclusions.

Le présent rapport suit dans ses grandes lignes le rapport détaillé de M. Thormann.

Nous allons exposer maintenant les données fondamentales de notre travail.

RÉSISTANCE AU ROULEMENT (COEFFICIENT DE TRACTION). — Cette résistance, dans laquelle nous comprenons l'ensemble des forces qui s'opposent au mouvement uniforme d'un train en palier, se compose :

a. Du frottement de roulement et parfois de glissement des roues sur les rails, y compris l'effort absorbé par le passage des surélévations que les rails peuvent offrir du fait de corps étrangers, de leur flexion propre, etc.;

b. Du frottement des essieux dans leurs boîtes;

c. Du frottement des bandages sur les rails dans les courbes;

d. De la résistance de l'air sur les surfaces frontales des véhicules et du frottement de l'air en général contre ceux-ci.

Les trois premières quantités sont seules proportionnelles aux masses en mouvement. La résistance de l'air par contre ne peut être donnée que d'après des résultats d'expériences; elle en outre, comme on sait, dépendante de la composition du train.

Voici les expériences qui ont été prises en considération :

1° Les essais faits en 1902-1903 près de Zossen, résumés par la formule

$$\lambda = 0,0052 V^2 F$$

en kilogrammes par tonne, V étant exprimé en km : h et la surface frontale du train, F, en mètres carrés.

2° Les essais de Davis sur la ligne Buffalo-Lockport (*Street Railway Journal,* 1902) qui ont donné

$$\lambda = 0,0076 V^2 F \text{ kg : t},$$

le coefficient de frottement des essieux valant 3 kg : t et celui du frottement sur les rails 0,04 V environ (en kg : t).

3° Les essais de Barbier sur le Chemin de fer du Nord (*Revue des Chemins de fer,* 1898), d'où il résulte qu'un train de 14 voitures à deux essieux, pesant 160 tonnes, subit une résistance totale au roulement de

$$1,6 - 0,023 V - 0,00046 V^2 \text{ kg : t}.$$

Il y a lieu de remarquer que, dans ces derniers essais, la résistance de l'air sur la surface frontale de la locomotive fut déterminée théoriquement d'après la formule

$$\lambda = 0,0077 V^2 F.$$

Cette dernière valeur est trop élevée d'après les essais très précis de Zossen; comme la formule de Barbier a été établie en déduisant cette valeur de la résistance de l'air, λ, de celle donnée directement par les essais, il s'ensuit que les résistances au roulement des essais de Barbier sont plus grandes que cet auteur ne l'indique. En corrigeant la courbe de Barbier (qui représente la résistance totale en palier et en alignement droit en fonction de la vitesse) conformément à la remarque qui précède, elle ne diffère plus beaucoup de celle que l'on peut déduire des expériences de Zossen pour une composition de trains analogue à celle indiquée par Barbier.

4° Une formule déjà ancienne, donnée par Clark, fournit des résultats analogues.

En résumé, la résistance totale au roulement en kilogrammes par tonne pour un train de 14 voitures à deux essieux, du poids de 160 tonnes, est :

	D'après		
A la vitesse de :	Barbier (formule corrigée).	les essais de Zossen.	Clark.
km : h	kg : t	kg : t	kg : t
0......	1,5	1,2	2,3
50......	4,4	3,9	4,4
100......	11,0	10,4	10,2

D'autres compositions de trains donnent naturellement des résultats quelque peu différents; c'est le cas en particulier pour des wagons à bogies, pour lesquels la résistance est sensiblement plus faible.

Il va sans dire que la détermination des résistances au roulement de chaque train en particulier ne pouvait pas être entreprise dans la présente étude. C'est pourquoi la courbe donnant la résistance en kilogrammes par tonne, obtenue par les essais de Barbier pour des trains de 14 voitures, et corrigée comme il est dit ci-dessus, fut prise comme base des recherches qui vont suivre. Les résultats obtenus seront évidemment plus élevés que la réalité, vu l'emploi toujours plus fréquent des voitures à bogies.

Le calcul aurait été cependant trop imprécis si l'on avait adopté simplement la moyenne des résistances au roulement correspondant à la vitesse moyenne des express, des omnibus et des trains de marchandises, car les diverses valeurs de cette résistance contribuent à des taux différents à l'établissement de cette moyenne; c'est pourquoi on a calculé pour une région assez étendue (1er arrondissement des Chemins de fer fédéraux) le travail nécessaire pour le roulement de chacune des trois catégories de trains, en admettant pour ces trains des vitesses d'environ 5 km : h plus faibles que les vitesses maximum autorisées. Le travail total de roulement fut ensuite réduit à la tonne-kilomètre; il en résulta une valeur moyenne de la résistance de 4,3 kg : t. Les express ont des valeurs qui varient entre 5,0 et 6,8 (exceptionnellement 4,5), les trains omnibus entre 4,5 et 5 (exceptionnellement 3); les trains de marchandises et les trains facultatifs entre 3 et 3,2.

Pour la *résistance dans les courbes,* on prit comme base la formule universellement adoptée donnée par Röckl (*Organ,* 1881) :

$$W_c = \frac{650}{R - 55} \text{ kg : t};$$

R représente le rayon de la courbe en mètres. Il résulte

d'une enquête que l'on peut adopter un rayon moyen de 1500^m environ pour les chemins de fer fédéraux et de 970^m pour le Gothard, ce qui donnerait des résistances en courbe de 0,5 et 0,7 kg : t.

En adoptant la dernière de ces valeurs, la résistance totale moyenne atteint 4,3 + 0,7, soit 5 kg : t.

Sur la proposition des ingénieurs des chemins de fer, pour augmenter encore la sécurité de cette évaluation, le calcul a été fait avec 6 kg : t, afin de tenir compte de circonstances plus défavorables que celles des essais.

Comme, dans la première étude, on s'est toujours basé sur les données les moins favorables, il est permis d'affirmer que les résultats obtenus représentent très largement l'énergie nécessaire pour les lignes à voie normale, et que les besoins réels seront en tous cas plutôt inférieurs.

Pour les *chemins de fer à voie étroite*, on a adopté une résistance totale au roulement de 10 kg : t, valeur qui est sans doute aussi trop élevée.

Si nous nous sommes étendu sur la façon dont ont été calculées les résistances au roulement, c'est dans l'intention de montrer par cet exemple particulier que les calculs n'ont pas été faits d'une façon superficielle, mais que, au contraire, ils ont été exécutés aussi exactement que possible et cela souvent à grand'peine.

TRAVAIL DE DÉMARRAGE. TRAVAIL DE FREINAGE. — Théoriquement, le travail fourni à un train au démarrage pour l'amener à sa vitesse maximum peut de nouveau être utilisé pour vaincre le frottement de roulement en supprimant la force motrice bien avant le prochain arrêt. La pesanteur peut aussi servir à fournir le travail de démarrage quand ce dernier se produit sur une pente.

La pratique montre que ce n'est que lorsque l'arrêt doit se faire sur des rampes d'environ 20 pour 1000 et plus, que l'on peut laisser le train s'arrêter de lui-même, si l'on ne veut pas que le temps d'arrêt et le chemin parcouru pendant le ralentissement soient trop grands; de même, ce n'est que sur des pentes de même inclinaison que l'on peut utiliser pratiquement la pesanteur pour le démarrage aux vitesses usuelles (jusqu'à 100 km : h). C'est pourquoi le calcul de l'énergie nécessaire au démarrage a été fait dans la supposition que le travail nécessaire au démarrage de tous les trains prévus à l'horaire doit être fourni entièrement par le courant électrique, sans aucune déduction pour les démarrages en pente ou les arrêts en rampe.

Les valeurs ainsi calculées ont été augmentées encore de 30 pour 100 pour les omnibus et les trains de marchandises et de 110 pour 100 pour les express, afin de tenir compte de l'énergie nécessaire aux variations de vitesse pendant le trajet et aux démarrages imprévus près des signaux ou sur les tronçons en réparation. Ces adjonctions comprennent, en outre, l'énergie nécessaire à l'accélération des masses tournantes du train, énergie qui ne représente d'ailleurs que quelques pour 100 du travail nécessaire au démarrage.

Les *poids de trains* qui ont servi aux calculs ont été déterminés de la manière suivante :

Pour les Chemins de fer fédéraux, le Bureau de l'exploitation a fourni les tableaux de charge de tous les trains; parmi ceux-ci, on a choisi les tableaux relatifs au mois d'août 1903 pour les trains express et omnibus, et ceux du mois d'octobre 1903 pour les trains de marchandises; en effet, les trains les plus lourds de la première catégorie marchent ordinairement en août, tandis que les trains de marchandises sont les plus chargés en octobre (il arrive cependant qu'en août ces derniers ne sont guère plus légers).

En juxtaposant ces deux valeurs maximum, on a la valeur la plus élevée possible du trafic de 1903. Les charges de train réellement observées furent déterminées pour chaque tronçon des quatre arrondissements des Chemins de fer fédéraux et cela de la façon suivante : pour chaque numéro de train, on fit la moyenne de toutes les charges de chacun des trains de ce numéro, puis la moyenne des charges de tous les *numéros* de trains donna celle de la *catégorie* correspondante (express, omnibus et marchandises) sur chaque tronçon.

On procéda de la même façon pour les charges *maximum* de chaque numéro et l'on tira enfin de tous les numéros d'une catégorie la *charge maximum moyenne* de la catégorie et du tronçon correspondant.

On ajouta encore, à ces *charges de trains*, les poids des *locomotives*. Pour cela on admit un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{7}$ au minimum et l'on détermina pour la rampe maximum du tronçon correspondant le poids nécessaire à ajouter. Ce poids correspond assez exactement à celui des locomotives actuelles (sans tender ni approvisionnements). Dans la traction par locomotives électriques, ce poids représenterait celui de ces locomotives elles-mêmes, auquel cas les poids totaux des trains resteraient les mêmes. Dans la traction par automotrices, le poids supplémentaire de l'équipement électrique peut différer un peu du poids des locomotives, mais sans que les résultats soient influencés d'une façon notable par cette différence. Les poids de trains ainsi obtenus furent arrondis, par excès.

On admit, en outre, que ces poids sont les mêmes dans les deux sens de marche; si cette supposition n'est pas tout à fait exacte, les différences qui en résultent disparaissent en raison de l'influence prépondérante que la résistance au roulement a sur les chemins de fer fédéraux.

Pour le Gothard, les charges moyennes et maximum ont été indiquées par la Direction de cette ligne; on en a déduit les poids des locomotives, puis ajouté les poids d'adhérence nécessaires, déterminés comme ci-dessus. Ici encore il a été admis dans le calcul que les charges dans les deux sens de marche étaient les mêmes.

Le trafic des *autres chemins de fer suisses* à traction à vapeur (à voie normale et à voie étroite) ne s'élève qu'à environ 8 pour 100 de celui des chemins de fer fédéraux et du Gothard réunis; c'est pourquoi on s'est contenté de méthodes exigeant moins de temps et moins de calculs : il a suffi de comparer la statistique fédérale des chemins de fer pour 1902 avec les charges réelles des trains des chemins de fer fédéraux et du Gothard pour reconnaître que les *poids moyens* indiqués par la statistique doivent être augmentés de 30 à 40 pour 100 pour obtenir les poids d'août et d'octobre. Cette addition de 30 à 40 pour 100 fut faite au poids

LIGNES.	VARIATIONS DANS LE MOIS LE PLUS CHARGÉ — DES CHARGES DES TRAINS.			DU POIDS ADHÉRENT.	DONNÉES ADMISES DANS LE CALCUL.	
	Moyennes.	Moyennes des charges maximum.	Maxima absolus.	Adhérence (suivant les rampes).	Charges moyennes (ont servi pour le calcul de l'énergie).	Charges maximum (ont servi pour le calcul de la puissance maximum).
A. *Pour les chemins de fer fédéraux.*						
(*a*) Express :	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
1. Sur parcours à forte charge (peu nombreux).	220-250	270-320	320-480	50-80	300-350	400
2. Sur parcours à charge moyenne (très nombreux)	100-240	170-290	230-480	40-60	180-300	300
3. Sur parcours à charge peu importante (peu nombreux)	80-110	100-160	110-260	20-60	120-180	150-200
(*b*) Omnibus :						
1. Sur parcours à forte charge (peu nombreux).	160-180 (209) (¹)	240-270 (380)	340-480 (514)	40-60 (45)	200-250 (350)	350 (450)
2. Sur parcours à charge moyenne (très nombreux)	80-210	150-270	200-380	25-40	120-200	200-250
3. Sur parcours à charge peu importante (peu nombreux)	50-100 (40)	80-120 (50)	80-230 (50)	20-40 (25)	70-120 (65)	150 (75)
(*c*) Trains de marchandises :						
1. Sur parcours à forte charge (assez nombreux)	270-420 (500)	420-550 (700)	500-900 (900)	50-90 (50)	350-450 (550)	600 (750)
2. Sur parcours à charge moyenne (très nombreux)	210-350	290-450	360-740	40-70	275-400	450
3. Sur parcours à charge peu importante (peu nombreux)	40-180	50-300	50-350	20-60	65-300	75-300
B. *Pour le Gothard.*						
(*a*) Express :						
1. Sur presque toute la ligne	200-220	280-350	"	50-75	300	400
2. Sur quelques tronçons très courts	100-110	180-200	"	30-40	150	200-300
(*b*) Trains omnibus :						
Sur toute la ligne, sauf un tronçon accessoire.	120-180	240-350	"	35-65	200 (250)	350
(*c*) Trains de marchandises :						
1. Sur parcours à forte charge (peu nombreux).	350-380	500	"	60	450	700
2. Sur les autres parcours, sauf un tronçon accessoire	270-350	330-370	"	40-95	450	500
C. *Pour les autres lignes à voie normale.*						
(*a*) Express	"	"	"	"	120-175	250
(*b*) Trains omnibus (en général)	"	"	"	"	100-175	150-250
(*c*) Trains omnibus (quelques cas particuliers)	"	"	"	"	25-80	40-110
(*d*) Trains de marchandises (en général).	"	"	"	"	100-150	150-250
D. *Pour les voies étroites à vapeur (toutes catégories de trains).*						
1. Chemins de fer rhétiens	"	"	"	"	120	150-300
2. Autres lignes	"	"	"	"	40-80	80-150

(¹) Les chiffres entre parenthèses se rapportent à quelques cas exceptionnels.

moyen indiqué par la statistique, afin d'obtenir les poids de train pour les mois les plus chargés.

Le Tableau de la page 266 contient un résumé de tous les calculs.

Les poids des trains *d'hiver* sont beaucoup plus faibles sur toutes les lignes des chemins de fer fédéraux. Ils varient entre 70 et 85 pour 100 de ceux des mois les plus chargés (août pour les express, octobre pour les trains de marchandises).

HORAIRES. — C'est *l'horaire d'été* 1904 pour les jours ouvrables (y compris les trains périodiques) qui fut pris comme base des calculs, et cela comme étant la période la plus chargée qui fût connue au début des études.

Afin de tenir compte de l'accroissement du trafic dû aux marchandises, on ajouta les trains de marchandises facultatifs qui circulèrent réellement en octobre 1903, et cela d'après les Tableaux de charge des chemins de fer fédéraux et les communications de l'Administration du Gothard. Comme, sur cette dernière ligne, le nombre des trains se dirigeant vers le Sud s'est trouvé plus grand que celui des trains marchant en sens inverse, chacun des sens de marche a été traité séparément.

En outre, les calculs ont aussi été faits pour un *jour d'hiver* et cela d'après l'horaire d'hiver 1903-1904; pour les chemins de fer fédéraux on choisit les trains réellement expédiés en 1904; pour le Gothard et quelques autres lignes, on se borna à une réduction proportionnelle des charges des trains d'été.

Ces bases établies, on peut procéder au *calcul de l'énergie nécessaire*. Il y a lieu de considérer :

A. L'*énergie nécessaire* pour le trafic pendant un temps donné, désignée par le nom d'*énergie totale* ou *effective* (ou même d'une façon incorrecte par *puissance totale* ou *puissance annuelle*).

B. La *puissance nécessaire* au trafic à un certain moment, désignée parfois sous le nom de *puissance instantanée* (ou d'une façon incorrecte par *force momentanée*).

La connaissance de l'*énergie* est nécessaire pour la détermination de la quantité totale d'eau annuelle et pour celle de la puissance moyenne des usines génératrices; il est, en outre, nécessaire de connaître les valeurs *maxima* de la *puissance*, afin de déterminer les dimensions des installations pour la production du courant et celles des lignes d'alimentation (du canal d'amenée de l'eau jusqu'au fil de ligne), ainsi que pour la détermination de la capacité nécessaire aux appareils d'accumulation électrique ou hydraulique.

CALCUL DE L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE. — Le travail nécessaire, *par tonne de poids brut*, pour *gravir les rampes et vaincre la résistance au roulement* se calcule de la façon suivante :

Si le travail dépensé pour l'ascension des rampes pouvait être récupéré au retour, à la descente, on aurait comme travail nécessaire à un voyage d'aller et retour $2l\rho$, en appelant l la longueur de la ligne en mètres et ρ la résistance totale au roulement, en kilogrammes par tonne.

Il y a lieu de remarquer qu'en pratique, dans tous les cas où la pente en pour 100 est plus grande que la résistance au roulement exprimée en kilogrammes par tonne, la force superflue est détruite par le freinage, se perd par conséquent, et doit être remplacée lorsque le train se meut en sens inverse.

Si l'on désigne par l_1 la longueur des tronçons sur lesquels ce cas se produit et par h_1 la somme des différences de niveau en montées et en descentes pour ces mêmes tronçons, ces deux quantités étant exprimées en mètres, cette énergie perdue se monte à $1000h_1 - \rho l_1$, en kilogrammètres.

Il y aura donc à dépenser pour l'ascension des rampes et la résistance au roulement un travail de

$$A_{\rho+h} = 2\rho l + 1000h_1 - \rho l_1 \text{ (en kilogrammètres)}$$

pour un trajet d'aller et retour.

C'est d'après cette formule que ce travail a été calculé par *tonne transportée*, en se basant sur les longueurs l, l_1 et h_1 données par les profils en long. Dans tous les cas où l'aller et le retour de trains isolés devaient être calculés séparément, une formule analogue a été employée. L'énergie rendue libre pendant les descentes (qui est ordinairement détruite par le freinage, mais qui, par des dispositions spéciales, pourrait être récupérée), dont l'importance est toute spéciale pour la traction électrique, est exprimée par la formule

$$A_r = 1000h_1 - \rho l_1 \text{ (en kilogrammètres par tonne).}$$

Elle a été déterminée dans chaque cas particulier.

Quant au *travail d'accélération* qui s'ajoute au travail de déplacement du train, nous renvoyons à ce qui a été dit plus haut.

Les *manœuvres dans les gares* exigent en outre un travail supplémentaire qui a été calculé pour toutes les gares où stationnent des locomotives de manœuvre. (Les manœuvres dans les gares qui n'ont pas de locomotives spéciales pour ce service sont de si peu d'importance qu'elles peuvent être négligées en tenant compte des différentes approximations par excès que nous avons faites).

Le nombre des locomotives de manœuvre et leur nombre d'heures de service journalier sont connus; en se basant sur le fait d'expérience qu'une heure de manœuvre représente environ 6^{km}, exigeant environ 10^{kg} de charbon, on détermina la dépense totale de combustible de ces machines; en admettant, en outre, une consommation de 2^{kg} de charbon pour chaque cheval-heure fourni, on put finalement calculer le nombre total de chevaux-heures exigés par ce service. Comme en somme ce service ne représente qu'une faible partie de l'énergie totale mise en jeu, ce procédé approximatif est amplement suffisant.

Le *chauffage et l'éclairage des trains*, qui ne rentrent qu'en partie dans l'énergie à fournir par les locomotives actuelles, devront, au contraire, être complètement fournis par le courant dans le cas de la traction électrique. Pour le calcul de la dépense, on s'est basé sur le nombre des places de voyageurs. Ce nombre a pu être déterminé avec une approximation suffisante d'après le nombre et le poids des véhicules, en admettant d'une part avec la statistique des chemins de fer que la tare des wagons s'élève à $\frac{1}{4}$ de tonne par place



de voyageur et, d'autre part, en se basant sur le fait d'expérience que le nombre des places est exprimé par la moitié du poids du train ; chaque tonne de train peut donc être comptée pour deux places de voyageurs. C'est naturellement les poids des *trains d'hiver* qui ont servi de base au calcul.

Pour le *chauffage*, on peut admettre une puissance dépensée de 0,156 kilowatt par place, d'après les expériences faites sur le chemin de fer électrique de Fribourg à Morat, sur lequel 7,5 kilowatts suffisent pour des wagons de 48 places. En admettant que le temps de marche des appareils de chauffage dure 7 heures par jour, ce qui est la moitié du temps total de travail d'un wagon, on déduit que, pour chaque place, il est nécessaire de fournir, par jour, une énergie de

$$\frac{0,156 \times 7}{0,736} = 1,48 \text{ cheval-heure},$$

soit en chiffres ronds 1,5 cheval-heure.

Pour l'*éclairage*, on s'est basé sur une intensité de 2 bougies par place, ce qui est plus que la moyenne actuelle, et ce qui représente pour les lampes ordinaires une puissance de 7 watts ; comme, en outre, les Chemins de fer fédéraux accusent un rendement moyen de 0,3 pour cet éclairage, il s'ensuit que chaque place exige une puissance de

$$\frac{0,007}{0,3 \times 0,736} = 0,031 \text{ cheval-heure},$$

ce qui représente, pour un éclairage de 8 heures par jour, un travail de

$$0,031 \times 8 = \text{environ } 0,25 \text{ cheval-heure}.$$

Les *résultats de tous les calculs d'énergie* sont consignés dans une suite de tableaux, qui indiquent pour chacun des tronçons d'une même ligne, différents comme nature d'exploitation, la longueur du parcours, le poids moyen des trains et le nombre des trains de chaque catégorie, les tonnes transportées, le travail à dépenser par tonne et par course, le travail éventuellement disponible en pente, le nombre des démarrages et le travail total de roulement qui en résulte par tonne-kilomètre. Pour donner une idée de la minutie de ce travail, disons que la ligne Genève-Berne a été partagée en tronçons comme suit : Genève-Morges, Morges-Lausanne, Lausanne-Palézieux, Palézieux-Romont, Romont-Fribourg, Fribourg-Berne.

Nous donnons dans le Tableau ci-dessous un résumé des résultats obtenus.

Données relatives à l'énergie nécessaire pour les chemins de fer exploités à la vapeur en Suisse, en un jour ouvrable d'été.

RÉSEAUX.	KILOMÈTRES-TRAINS.	TONNES-KILOMÈTRES.	ÉNERGIE EN CHEVAUX-HEURES A LA JANTE DES ROUES MOTRICES.				
			Pour les rampes et la résistance au roulement.	A récupérer éventuellement.	Pour le démarrage.	Total.	Par tonne-kilomètre.
C. F. F., arrondissement I.........	20978	6023400	160265	(28260)	59725	219990	0,0365
» » II.........	21252	6337300	181980	(47374)	57170	239150	0,0376
» » III.........	27121	7627600	190570	(21500)	87615	278185	0,0377
» » IV.........	12190	3355500	85870	(10985)	38920	124790	0,0372
C. F. F. et lignes exploitées par les C. F. F. Total......	81541	23343800	618685	(108119)	243430	862115	0,0370
Gothard..........................	12830	4550400	158180	(57044)	17475	175680	0,0386
Lignes secondaires à voie normale...	11755	1392490	50505	(19613)	15230	65735	0,0472
Voies étroites à vapeur. Total.....	7635	749880	45325	(16826)	4040	49365	0,0658
Total général des lignes à vapeur....	113761	30036570	872695	(201602)	280175	1152895	0,0384
Détail des voies étroites à vapeur.							
Chemins de fer rhétiens............	3174	367100	20195	(6601)	2250	22450	0,061
Ligne du Brünig..................	1185	151900	10895	(4340)	1035	11930	0,078
Autres lignes.....................	3276	230880	14235	(5885)	755	14985	0,065
Énergie supplémentaire journalière pour le service des manœuvres dans les gares.							
C. F. F..........................	"	"	"	"	"	41800	"
Gothard..........................	"	"	"	"	"	2340	"
Lignes secondaires à voie normale...	"	"	"	"	"	750	"
Lignes à voie étroite (chemins de fer rhétiens)........................	"	"	"	"	"	300	"
					Total...	45190	

Il en résulte pour l'*énergie nécessaire en un jour d'été, pour l'ensemble des chemins de fer suisses à vapeur,* l'*énergie étant mesurée à la jante des roues motrices,* les nombres suivants : pour la traction conformément à l'horaire environ 1 150000 chevaux-heures (les Chemins de fer fédéraux et les lignes exploitées par eux forment les $\frac{2}{3}$ de ce nombre, les Chemins de fer fédéraux et le Gothard ensemble les 90 pour 100 de ce nombre); il y a lieu d'ajouter pour les manœuvres dans les gares environ 50000 chevaux-heures, ce qui porte l'énergie nécessaire à 1 200000 chevaux-heures.

En été, le chauffage est nul, l'éclairage insignifiant.

Énonçons ici quelques considérations suggérées par ces résultats :

En admettant un système d'exploitation qui ne permette aucune récupération d'énergie dans les descentes, nous avons donc à fournir chaque jour 1 200000 chevaux-heures aux jantes des roues motrices. Quant au travail à fournir journellement par les *stations centrales,* il dépend du système adopté et de son rendement. Ce système ne peut pas encore être déterminé pour le moment, mais l'on peut prévoir cependant qu'il doit être possible, même avec le système le moins avantageux, d'obtenir un rendement total moyen de 45 pour 100 entre le travail utilisable aux jantes et l'énergie fournie par les turbines des stations primaires. Calculons avec 40 pour 100 seulement. Il nous semble que ce rendement tient largement compte des pertes qui se produisent dans le système à courant alternatif à triple transformation (élévation de la tension dans la station centrale, abaissement de la tension aux fils du trolley et nouvel abaissement dans la voiture motrice), ou dans le système triphasé avec transformation en continu et batteries d'accumulateurs. Les *turbines* devront donc fournir journellement 3000000 de chevaux-heures.

En négligeant, pour le moment, les réserves hydrauliques à constituer pendant les différentes saisons de l'année, et en considérant la dépense de l'été comme la plus forte de celles qui peuvent se produire, ces 3000000 de chevaux-heures exigeraient *une puissance continue de* 125000 *chevaux pendant* 24 *heures par jour.*

Il semble que les forces hydrauliques actuellement disponibles en Suisse dépassent ces 125000 chevaux. L'un des plus récents projets étudiés serait capable à lui seul de fournir le $\frac{1}{8}$ de cette puissance. Mais il ne faut pas oublier que les forces hydrauliques ne sont pas réparties dans notre pays de façon à être toutes à proximité des lieux d'utilisation et qu'en outre, toutes les forces hydrauliques ne conviennent pas à la traction électrique; en outre, les chutes proches de la frontière ne semblent pas propres à être utilisées pour le service des chemins de fer. Il n'est donc pas superflu de chercher les moyens de réduire la puissance nécessaire. En particulier l'étude de la question de la *récupération de l'énergie* dans les descentes s'impose.

CONSTRUCTION DES VOIES.

L'augmentation continue du poids des véhicules et de leur vitesse de marche a conduit les Compagnies de Tramways et celles de Chemins de fer d'intérêt local à apporter des soins minutieux et souvent à consacrer des sommes considérables au bon établissement des voies de roulement.

En raison de l'importance du sujet, l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local l'avait mis à l'ordre du jour de deux des séances du Congrès qu'elle a tenu à Milan fin septembre dernier. Deux questionnaires avaient été, au préalable, envoyés aux compagnies exploitantes faisant partie de l'Union, l'un relatif à la superstructure des voies de chemins de fer d'intérêt local, l'autre à l'infrastructure et à la superstructure des voies de tramways urbains [1].

Les réponses au premier questionnaire, faites par 138 compagnies, ont été, pour la majeure partie, résumées sous forme de Tableaux; quelques-unes seulement, donnant des renseignements détaillés ne pouvant entrer dans le cadre des Tableaux, ont été reproduites à la suite de ceux-ci; l'ensemble occupe néanmoins 65 pages. Quant au questionnaire relatif à la construction des voies de tramways, il a été rempli plus ou moins complètement par une centaine d'exploitants; ces réponses n'occupent pas moins de 260 pages du volume publié par l'Union.

Le rapport présenté au Congrès sur la première question est dû à M. de Burlet; par suite de sa concision, nous l'avons reproduit ci-dessous, bien que que la plupart des compagnies dont il résume les réponses fassent usage de la traction à vapeur; d'ailleurs, les conclusions qu'il indique sont évidemment applicables aux lignes de tramways électriques interurbaines qui, très développées aux États-Unis, commencent à se répandre en Europe.

La question de la construction des voies de tramways urbains a été l'objet de deux rapports, l'un de

(1) Le questionnaire relatif aux chemins de fer d'intérêt local était ainsi conçu :

1° Quelle est la longueur des barres que vous employez pour les rails? Par quelles raisons avez-vous été amenés à l'adopter? Êtes-vous satisfaits du résultat de vos expériences?

2° Avez-vous fait des expériences du joint Falk, du joint Goldschmidt ou d'un autre type de joint soudé; quels en ont été les résultats?

3° Employez-vous le système des joints placés vis-à-vis l'un de l'autre normalement à la voie, ou le système des joints alternés? Quels sont les résultats de vos expériences et votre appréciation sur chacun des deux systèmes?

4° Avez-vous fait usage des rondelles destinées à empêcher le desserrage des boulons d'éclisses ou d'autres systèmes pour arriver à ce résultat? Prière de les décrire et de faire connaître les résultats obtenus et votre appréciation sur leur valeur.

Le questionnaire relatif aux voies de tramways urbains comprend 8 demandes de renseignements statistiques et 50 demandes de renseignements de construction. Vu la longueur inusitée de ce questionnaire, nous renonçons à le reproduire; le rapport très détaillé de M. Dubs, que nous reproduisons plus loin, indique d'ailleurs par ses divisions la nature des questions posées.

9...

M. Busse, ingénieur en chef de la grande Compagnie des Tramways de Berlin; l'autre de M. Dubs, directeur des Tramways de Marseille; nous publions plus loin ce dernier où se trouvent condensés autant qu'il était possible de le faire les nombreux détails de construction indiqués dans les réponses.

H. P.

Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : (*a*) de la longueur des rails à mettre en œuvre; (*b*) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.); (*c*) du chevauchement des joints; (*d*) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons, par C. de Burlet, directeur général de la Société nationale des chemins de fer vicinaux, Bruxelles. — Dans notre dernier rapport, nous avons constaté que l'on paraissait généralement d'accord pour donner la préférence :

1° Aux rails en acier d'un poids relativement élevé par mètre courant et en barres aussi longues que possible;

2° A la pose sur traverses et, pour le choix de celles-ci, aux traverses en bois, si possible en chêne imprégné (habituellement de créosote); leur nombre par longueur de rail dépend évidemment des conditions techniques de la ligne (profil, poids des locomotives, trafic, etc.), mais il y a une tendance à faire des voies de plus en plus résistantes;

3° Aux tire-fond, qui remplacent généralement aujourd'hui les crampons;

4° Aux éclisses-cornières robustes; de là dépend en effet la solidité du joint, point faible de la voie et partant de la voie elle-même;

5° Au ballast en pierrailles ou en gravier, qui l'emporte sur le sable ou la cendrée, parce qu'il donne une voie plus sèche, plus stable et se maintenant dans de meilleures conditions; de plus, sa perméabilité plus grande augmente la durée des traverses; enfin, il attaque moins le rail que la cendrée qui contient parfois des acides et oxydants nuisibles.

Ces divers points n'ont pas donné lieu à contradiction au cours des débats du Congrès de Vienne.

Comme complément à ce qui précède, nous allons examiner les autres éléments constitutifs de la voie et notamment les points spéciaux énumérés dans le questionnaire qui nous occupe.

I. Longueur des rails. — Les indications données par 138 sociétés peuvent se subdiviser en quatre catégories, savoir :

32 sociétés emploient des rails d'une longueur variant de 6^m à 9^m;

63 sociétés emploient des rails d'une longueur variant de $9^m,50$ à $12^m,50$;

37 sociétés emploient des rails d'une longueur variant de 14^m à 15^m;

6 sociétés emploient des rails d'une longueur de 18^m.

Presque toutes déclarent que leur système donne des résultats satisfaisants.

Les longueurs les plus usitées sont celles de 6^m, 9^m, 12^m, 15^m et 18^m; ces dernières le sont plus particulièrement par des exploitations de tramways à traction électrique parmi lesquelles s'en trouve une (Tramways de l'Est Parisien) qui a fait usage de rails de 24^m de longueur.

Comme avantages résultant de l'emploi de longs rails, on cite notamment :

1° Pose plus rapide;

2° Réduction du nombre de joints, d'où économie dans les frais d'établissement et d'entretien; lorsqu'il s'agit de lignes électriques, il y a également économie dans les connexions;

3° Les chocs se produisant précisément aux joints, la diminution de leur nombre rend le roulement des trains plus agréable et fatigue moins le matériel;

4° Plus grande stabilité de la voie, puisqu'on diminue le nombre des points faibles, c'est-à-dire des joints.

D'autre part, l'emploi de barres de grande longueur peut présenter des inconvénients au point de vue de la manutention, du transport et du cintrage, mais il semble que ces difficultés trouvent une large compensation dans les avantages qui viennent d'être énumérés.

C'est donc une question de mesure et aussi d'espèce, comme dans beaucoup de cas analogues, où il importe de ne pas se laisser entraîner à l'application exagérée, même d'un principe juste.

S'il est permis de citer l'expérience de la Société nationale des chemins de fer vicinaux belges, qui compte actuellement 128 lignes en exploitation d'une longueur totale de 2800^{km}, et comprenant 7 lignes à traction électrique ayant ensemble 140^{km}, nous dirons que la longueur normale des rails en acier de 23^{kg} et 30^{kg} au mètre courant est généralement de 9^m.

Cette longueur a été adoptée dès 1885 comme représentant une bonne moyenne tant pour la manutention et la mise en œuvre que pour l'économie de la construction. Elle a donné satisfaction et la Société nationale n'a pas jugé devoir l'augmenter, du moins d'une façon générale, surtout à cause des difficultés spéciales qui se rencontrent pour le transport à pied d'œuvre de barres plus longues et pour leur mise en œuvre sur des lignes à petit écartement comportant souvent des courbes de très faible rayon.

Cependant, sur une section importante établie sur siège spécial, de la ligne d'Ostende à Blankenberghe (destinée à être plus tard exploitée électriquement), elle a récemment employé des rails de 30^{kg} avec barres de 18^m.

Ce renforcement de la voie se justifie par le désir d'augmenter la vitesse des trains.

La pose des barres de 18^m est faite dans de bonnes conditions, sans donner lieu à de trop grandes difficultés de manutention ni de mise en œuvre.

Il a également été posé des rails de 30^{kg} et de 18^m de longueur pour la réfection de 6^{km} de voie, sur une ligne vicinale à grand trafic et à traction à vapeur.

Enfin, sur une section d'environ 5^{km} d'un chemin de fer vicinal à grande section, la Société Nationale a utilisé des rails de 15^m profil 30^{kg}.

L'expérience dira s'il faut persévérer dans ces essais de longs rails, essais qui méritent dans tous les cas d'être suivis avec intérêt.

II. Joints soudés. — Un intéressant rapport a déjà

été présenté sur le joint Falk au Congrès de tramways à Paris, en 1900, par M. Fischer Dick.

En ce qui concerne le mérite de ce système, on s'est trouvé, lors du Congrès de l'Union internationale à Vienne, en 1904, en présence de deux opinions différentes : alors que le délégué de la Grande Société des tramways de Berlin déclarait qu'elle avait abandonné le joint Falk pour le remplacer par le joint Melaun, le représentant de la Société belge d'entreprise générale de travaux (Liége) faisait connaître que, sur la plupart de ses lignes, le joint Falk ayant donné toute satisfaction, il avait été décidé de l'adopter sur de nouvelles lignes des tramways liégeois.

Mais, pour l'une et l'autre de ces Compagnies, il s'agit dans l'occurrence plus particulièrement de lignes de tramways urbains. Aussi, pour rester dans le cadre de la question qui nous est soumise, ne ferons-nous état que des renseignements se rapportant aux chemins de fer d'intérêt local.

Comme on le verra par les renseignements condensés dans les tableaux joints aux Réponses au questionnaire, peu d'expériences ont été faites de joints spéciaux par les exploitations de chemins de fer d'intérêt local dont les voies sont généralement établies sur traverses avec rails reliés entre eux par de solides éclissages.

Des 38 sociétés ayant fourni des indications sur l'usage de joints spéciaux, 3 seulement visent des lignes de chemins de fer, tandis que les 35 autres ont plutôt en vue des lignes de tramways urbains, comprises dès lors dans la question spéciale réservée à l'ordre du jour du Congrès de Milan, pour la construction des voies dans les réseaux urbains.

Nous devons donc nous référer aux résultats de l'examen des joints spéciaux qui sera fait par les rapporteurs de cette question.

Nous retenons cependant, que des 3 sociétés de chemins de fer d'intérêt local qui ont envoyé des renseignements, 2 sont favorables au joint soudé Falk et au joint Goldschmidt.

Quant à l'autre, elle a fait l'essai, depuis plus de trois ans, du joint Ambert, joint fretté à grand serrage qui supprime éclisses et boulons. Ce joint a, paraît-il, l'avantage de donner une voie à roulement continu, comme s'il y avait soudure, et son prix est sensiblement moins coûteux que le joint soudé; il peut d'ailleurs servir à nouveau, même après l'usure du rail.

Les exploitations de chemins de fer d'intérêt local qui ont tenté des essais du joint Falk déclarent ce joint avantageux lorsqu'il s'agit de rails lourds, tandis qu'avec des rails légers de 20^{kg} à 23^{kg}, le résultat a laissé à désirer.

Une autre Compagnie de chemin de fer (Barmen) qui a fait application du joint Goldschmidt, à titre d'essai, sur 750^{m} de voie, constate des résultats très satisfaisants, mais fait remarquer que le prix de ces joints soudés est de plus du double du prix des joints bien éclissés.

En suite d'une étude faite en 1900, à l'occasion de la substitution du joint Falk au joint ordinaire éclissé par la Société des Tramways bruxellois, la Société Nationale a conclu, surtout pour des raisons d'économie, à la non-applicabilité de ce système aux voies de ses lignes vicinales, du moins jusqu'à ce qu'une plus longue expérience ait permis d'émettre un jugement plus certain et définitif.

Le type adopté pour ses voies comportant la pose sur traverses, il a suffi de rapprocher les supports extrêmes pour réduire la fatigue des joints, en se bornant à établir un éclissage relativement léger, mais présentant la raideur et la solidité désirables.

Le prix est de $3^{fr},80$ par joint ordinaire et de $6^{fr},10$ par joint électrique (dont $2^{fr},30$ environ pour la connexion), tandis que, pour le joint Falk, on arrive approximativement à 13^{fr}, soit plus du double du prix de l'éclissage électrique et le quadruple environ du prix de l'éclissage ordinaire actuel. La différence est grande et l'on peut se demander si elle est compensée par des avantages certains.

Quant aux mérites techniques du joint Falk, ce que nous en pourrions dire ferait double emploi avec l'exposé qui sera fait de la question spéciale réservée aux Tramways urbains. Sans donc traiter à fond ce point, bornons-nous à quelques rapides considérations.

On a invoqué en faveur du joint Falk dans les voies neuves, divers avantages, notamment celui de supprimer le bruit et le choc au passage des voitures et de permettre de prévoir, avec certitude, semblait-il, une durée incomparablement plus longue de la voie (rapport précité de M. Fischer-Dick).

Sans doute, la suppression totale du choc au joint a son importance, mais il ne faut pas l'exagérer, car elle ne semble pas présenter un intérêt essentiel justifiant d'excessives dépenses, d'autres moyens existant et fonctionnant avec succès pour diminuer cet inconvénient.

Quant à l'augmentation de la durée présumée de la voie par suite de la plus grande rigidité des abouts, il faudrait, pour établir la comparaison avec les joints ordinaires et pour apprécier au point de vue financier la valeur du joint soudé, disposer de statistiques précises et portant sur une assez longue durée. Or, ces statistiques n'existent pas à notre connaissance.

En réalité, on ne possède que fort peu d'indications précises et d'éléments de comparaison sur l'usure relative des abouts des rails dans les voies éclissées et dans les voies à joints soudés.

A l'encontre du joint soudé, on a fait valoir certains inconvénients qu'il convient de signaler :

1° Le mode d'attache entre l'éclisse et la traverse pour combattre le cheminement des rails est nécessairement supprimé;

2° La difficulté de remplacer rapidement un rail brisé est notablement plus grande;

3° En dehors des bris pouvant résulter des causes ordinaires dues à l'exploitation, il faudra compter aussi avec ceux que l'on a constatés assez fréquemment et qui se produisent surtout en hiver dans les files de rails réunis par le joint Falk, par suite d'un phénomène encore imparfaitement expliqué jusqu'ici;

4° Déformation des files de rails par suite des changements de température parfois très brusques, surtout pour les voies en accotement ou sur siège spécial;

5° Nécessité de doter les diverses exploitations vici-



nales du matériel coûteux nécessaire aux réfections (cubilot, soufflerie, etc.).

Nous croyons intéressant de faire mention d'un système de soudure des rails d'application plus récente :

D'après une communication faite par M. l'ingénieur Catani, à l'assemblée générale de l'Association électrotechnique italienne, le 9 octobre 1905, à Florence, la soudure des rails par le chalumeau oxyacétylénique paraîtrait donner des résultats meilleurs au point de vue de la soudure proprement dite, que les autres procédés connus : soudure électrique, joint Falk, Aluminothermite (Goldschmidt), etc.

La structure intime du métal ne serait guère modifiée ou, du moins, le serait dans une proportion peu importante, de manière que le rail conserverait pratiquement la même résistance mécanique à la partie soudée que sur le restant des barres.

Ce résultat serait atteint grâce à la température élevée obtenue et parce que la soudure s'opère sur toute la surface de la section du rail.

Il se comprend que cette soudure, n'intéressant guère que les abouts des rails, trouble moins l'état moléculaire du métal et réalise mieux une véritable continuité.

La conductibilité électrique serait aussi parfaite que possible.

La soudure se fait en trois fois : 1° sur le patin, 2° sur l'âme, 3° sur le bourrelet.

Au point de vue du coût, la soudure par ce système serait assez économique, ne nécessitant qu'un matériel, des consommations et une main-d'œuvre d'importance réduite. M. Catani évalue le prix d'une soudure du rail Phénix de $34^{kg},5$ le mètre courant (160^{mm} de hauteur), de 6^{fr} à 12^{fr}, et celle d'un rail Phénix de 43^{kg} le mètre courant (180^{mm} de hauteur), de 10^{fr} à 15^{fr}.

Nous ne faisons qu'indiquer ce système, sans nous prononcer sur sa valeur et en émettant l'espoir que les Sociétés qui l'auraient expérimenté voudront bien, au cours des discussions du Congrès, fournir les renseignements qu'elles posséderaient déjà à ce sujet.

III. Chevauchement des joints. — La presque unanimité des réponses préconise le placement des joints normalement à la voie, c'est-à-dire d'équerre, sauf dans les courbes où les joints sont souvent alternés.

Cette pratique est en concordance avec les résultats d'une expérience de 20 années faite sur une grande échelle aux Chemins de fer vicinaux belges.

On y emploie d'une manière générale les joints d'équerre, sauf dans les parties en courbes de 100^m de rayon ou moins, pour lesquelles les joints sont alternés.

Dans les courbes de 75^m et moins de rayon (voies à écartement de 1^m) les deux files de rails sont, en outre, réunies par des tringles-entretoises à raison de 3 pièces par longueur de 9^m.

IV. Moyens d'empêcher le desserrage des boulons. — Sur les 141 Sociétés qui ont répondu au questionnaire, 71 déclarent avoir eu recours à des procédés divers en vue d'éviter le desserrage des boulons. Toutes ces réponses visent, soit des chemins de fer d'intérêt local, soit des tramways.

Les 70 autres Sociétés n'ont pas fait d'essai; plusieurs d'entre elles estiment qu'il est facile et peu onéreux de serrer de temps en temps les boulons. D'autres trouvent que le relâchement des joints résulte ordinairement non pas du desserrage des écrous, mais plutôt de l'usure des portées d'éclissage.

Abordons maintenant l'examen des constatations qui ont été faites.

De bons résultats ont été obtenus par l'usage de boulons à faible pas de vis; des essais favorables ont également été faits au moyen de boulons avec écrous à ergot ou de boulons avec écrous de grande hauteur. Il en est de même du boulon dit *Ibbotson*, mais il présente l'inconvénient de coûter relativement cher.

Le procédé pratiqué par la grande majorité des 71 Sociétés ci-dessus consiste dans l'emploi de rondelles d'acier à ressort de divers systèmes; le type dit *Grower* semble le plus répandu.

Beaucoup de Sociétés sont satisfaites de l'application de ces divers types de rondelles; il en est d'autres cependant qui signalent que les résultats obtenus n'ont pas été concluants.

De plus, il a été observé que les rondelles se brisent facilement, surtout en hiver, ou perdent, après quelques années, l'élasticité nécessaire et, par conséquent, tout effet utile.

C'est ainsi qu'après avoir longtemps utilisé la rondelle *Grover*, les Tramways de Marseille l'ont abandonnée pour adopter un autre type : la *rondelle positive*, construite de façon que l'effort de compression s'exerce sur le corps de la rondelle et non sur ses extrémités.

On peut, pensons-nous, déduire des diverses constatations relevées que les rondelles rendent incontestablement des services, mais que leur efficacité dépend beaucoup de la qualité de l'acier employé.

Quelques Sociétés enregistrent des résultats satisfaisants obtenus par des plaques de tension à boulons, décrites comme suit, par la Bochumer Verein für Bergbau und Gusstahlfabrikation (pages 637 et 638 du recueil des réponses) :

« Ces plaques en acier, formant ressort et durcies à cette fin comme les ressorts de voitures, ont environ 50^{mm} de largeur et de 5^{mm} à 7^{mm} d'épaisseur; la courbure des selles est d'environ 7^{mm}. Lorsque ces plaques sont complètement étendues par l'effet des boulons, leur force est d'environ 3000^{kg}. »

Aux Tramways de Hambourg, on a procédé, avec succès, à l'intercalation sous les éclisses d'une plaque rectangulaire assez grande pour déborder la section des éclisses. Après le serrage à fond de l'écrou, des bords de la plaque sont repliés de façon à empêcher le desserrage.

Conclusions. — Il n'y a pas lieu, semble-t-il, d'en formuler de définitives : c'est plutôt une enquête que l'Union internationale a voulu ouvrir sur les conditions d'établissement des voies de chemins de fer d'intérêt local. Elle se poursuit d'une façon très intéressante et les Compagnies affiliées y ont apporté d'abondants matériaux qui contribueront sans doute à apporter sur plus d'un point des solutions pratiques.

Il convient de ne point clôturer cette enquête, plu-



sieurs applications de systèmes nouveaux étant trop récentes encore pour que l'on puisse émettre une opinion définitive.

En ce qui concerne spécialement les points particuliers faisant l'objet de la question, nous estimons que l'on peut admettre, sous les réserves formulées ci-dessus, les conclusions suivantes :

a. Longueur des rails. — Il y a une tendance de plus en plus grande à augmenter la longueur des barres.

b. Joints soudés. — Les expériences ont donné des résultats qui restent douteux et ne permettent pas de formuler une conclusion. Il convient de laisser la question ouverte,

L'application des joints soudés ne semble pas s'être répandue.

On semble chercher depuis quelque temps le renforcement du joint au moyen d'autres procédés que la soudure, mais ici encore l'expérience est de trop courte durée pour que l'on puisse se prononcer.

c. Chevauchement des joints. — L'expérience acquise et la pratique suivie par la presque unanimité des Compagnies montrent que la préférence doit être donnée aux joints normaux dans les alignements et aux joints alternés dans les courbes de petit rayon.

d. Moyens d'empêcher le desserrage des boulons. — Beaucoup de systèmes ont été expérimentés, dont bon nombre ont donné des résultats satisfaisants, notamment les rondelles. Il n'est cependant pas possible encore de décider quel système est le plus efficace et doit être préféré.

Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (infrastructure et superstructure), par DUBS, Directeur des tramways de Marseille. — Tracé. — Le choix du tracé et de la disposition des voies dans les réseaux de tramways urbains constitue incontestablement une des questions les plus importantes de la construction, en raison de l'influence que les solutions adoptées exerceront sur l'exploitation au point de vue de la régularité du service et de sa sécurité, des facilités offertes au public pour l'accès des voitures et enfin de la vitesse commerciale praticable sur le réseau.

La réalisation d'une vitesse commerciale élevée devient de plus en plus le desideratum principal des exploitants, non seulement parce qu'un service accéléré augmente sensiblement le trafic des voyageurs, mais surtout parce que l'augmentation de la vitesse commerciale permet de mieux utiliser le matériel et le personnel et d'obtenir ainsi une diminution des dépenses par unité de parcours.

Ce facteur est d'autant plus important que les charges fixes des réseaux : impôts, assurances, etc., ont une tendance très marquée à augmenter constamment, comme le font aussi les salaires du personnel, et qu'il importe donc de tirer la quintessence du travail d'un outillage de plus en plus coûteux.

En fait, on connaît des réseaux primitivement improductifs qui sont arrivés à un rendement normal par le seul fait de l'augmentation de la vitesse commerciale, justifiant ainsi l'opportunité de tenir compte de ce facteur dans le choix des tracés et dispositions à adopter pour les voies.

Dans cet ordre d'idées, les voies uniques avec évitements tendent de plus en plus à être abandonnées en faveur des voies doubles, sur toutes les lignes où l'intensité du service atteint 10 à 8 minutes. Comme on ne dispose pas toujours d'une largeur de rue suffisante pour la pose d'une double voie, on a adopté dans certaines villes la solution consistant à emprunter des rues parallèles peu distantes les unes des autres, chacune d'elles étant parcourue dans un seul sens.

L'usage de voies en boucle aux extrémités des lignes urbaines à grand trafic tend à se généraliser, en raison des facilités que cette disposition offre pour le service, en supprimant toute manœuvre dans le cas de voitures avec remorques.

Quant à la disposition des voies sur les chaussées, les conditions locales ne permettent malheureusement pas toujours d'adopter les solutions qui répondraient le mieux aux desiderata des exploitants, et, dans la plupart des cas, le nombre des solutions possibles est même très limité. Bien qu'à cet égard les réponses au questionnaire ne soient pas très complètes, il est permis de dire que l'on recherche, en général, dans les rues très fréquentées, les dispositions qui s'accordent le mieux avec les besoins de la circulation du charroi ordinaire, au détriment quelquefois des facilités d'accès aux voitures. Les exploitants reconnaissent, en effet, qu'en gênant la circulation ordinaire, ils sont les premiers à en subir les conséquences, et que le fonctionnement régulier des tramways ne peut être assuré qu'en respectant les courants de circulation créés par le charroi.

Dans cet ordre d'idées, on semble rechercher le plus possible l'installation des deux voies au milieu de la chaussée ; c'est, en effet, celle qui régularise le mieux le charroi et le gêne le moins. L'inconvénient de cette disposition réside dans la difficulté que le public éprouve à accéder aux voitures, surtout dans les rues très fréquentées. Cet inconvénient peut être atténué dans une certaine mesure par l'emploi de refuges latéraux aux points d'arrêt, ou bien, en écartant suffisamment les voies pour permettre de placer ces refuges dans l'entre-voie, refuges qui portent généralement le poteau central avec double console. Afin de ne pas encombrer la chaussée par ces installations, on a adopté à Marseille dans les artères centrales une disposition spéciale, comportant un refuge avec poteau central tous les 80^m seulement, la suspension intermédiaire de la ligne aérienne étant réalisée sur les 40^m au moyen d'un hauban soutenu par deux poteaux latéraux.

Cette disposition, dans laquelle un poteau central alterne avec une suspension par hauban, donne un aspect très dégagé tant à la chaussée qu'à la ligne aérienne.

Lorsque la chaussée n'a pas la largeur suffisante pour recevoir les deux voies au centre, on est obligé de les placer sur l'un des côtés, en y supprimant le stationnement des voitures ordinaires. Cette disposition, qui se rencontre très fréquemment, présente en somme moins d'inconvénients qu'on serait tenté de le croire au premier abord. Il n'en est pas de même des voies uniques

placées sur l'un des côtés dans les rues très étroites, si ces voies sont empruntées dans les deux sens, car, dans ce cas, la fréquence du passage des voitures gêne considérablement les riverains, de même que le charroi se trouve dérangé par les voitures marchant à contre-sens.

On préfère donc toujours placer les voies uniques dans l'axe de la chaussée, en réservant de chaque côté l'espace pour le stationnement, partout où la chose est possible.

Sur les larges avenues des grandes villes, des solutions très variées ont été adoptées; la plus élégante est sans contredit celle de Charlottenburg (Hardenbergstrass), où les deux voies occupent le centre d'une chaussée de 27^{m} sur une plate-forme spéciale, et sont séparées de l'espace disponible pour la circulation ordinaire par deux terre-pleins gazonnés. Le seul inconvénient de cette disposition réside dans la difficulté d'accès des voitures de tramways les jours de forte circulation des voitures ordinaires.

Dans les grandes villes de France, les avenues comportent fréquemment une chaussée centrale et deux chaussées latérales, séparées entre elles par un terre-plein-promenade planté d'arbres.

Les chaussées latérales reliées à la chaussée centrale de distance en distance par des rues transversales coupant les terre-pleins, sont utilisées principalement pour la desserte des immeubles riverains et pour le stationnement, les voies de tramways sont alors placées sur les côtés de la chaussée centrale, le long des terre-pleins-promenades, ce qui rend les voitures d'un accès très facile. Cette disposition très avantageuse, surtout lorsque les voies peuvent être placées sur banquette spéciale, présente malheureusement un danger pour les piétons, si les arbres des terre-pleins ne sont pas à une distance d'au moins 1^{m},50 des bordures et masquent ainsi la vue aux conducteurs des tramways.

Pour ce qui concerne les distances à observer entre le matériel roulant et la bordure des trottoirs des rues empruntées, les réseaux de certains pays sont dispensés de se conformer à une réglementation administrative, et disposent ainsi de quelque latitude; il est à remarquer toutefois que la plupart de ces réseaux ont adopté des dispositions se rapprochant très sensiblement de celles prescrites dans les réseaux soumis à une réglementation.

Le cahier des charges type, annexé à toute concession de tramways en France, prescrit les distances suivantes, que l'on considère en général comme très rationnelles et facilement réalisables :

	cm
Distance minima à observer entre deux véhicules se croisant	50
Distance minima de l'arête du matériel roulant à la bordure du trottoir :	
a lorsque le stationnement est supprimé	30
b lorsque l'on réserve le stationnement	260
peut être réduit exceptionnellement à	240
Distance minima du matériel roulant à la limite des propriétés riveraines	140
Distance minima du matériel roulant à un obstacle isolé, arbre, poteau, pile de pont, etc.	75

L'observation de la prescription relative à la distance à conserver entre deux voitures de tramways se croisant conduit forcément à l'augmentation de l'entrevoie dans les courbes. Cette disposition semble d'ailleurs se généraliser de plus en plus, même dans les réseaux non soumis à une réglementation administrative; elle est du reste absolument rationnelle, car, si l'on admet la nécessité de conserver, au point de vue de la sécurité, un intervalle minimum entre deux voitures se croisant en ligne droite, il n'y a aucune raison pour ne pas le faire aussi en courbe. Il est vrai que les dispositions locales ne permettent pas toujours l'agrandissement de l'entrevoie; mais on fera bien, dans ce cas, de le réaliser dans la mesure du possible.

D'une manière générale, on peut admettre que les difficultés avec lesquelles les exploitants ont eu à lutter jusqu'ici pour l'installation rationnelle des voies dans les réseaux urbains se rencontreront de moins en moins dans l'avenir. En effet, presque toutes les villes susceptibles de faire vivre un réseau de tramways sont actuellement munies de ce système de transport en commun, tout au moins dans leur partie centrale; les constructions nouvelles porteront donc principalement sur les voies publiques des faubourgs et banlieues, où les chaussées, d'origine plus récente, sont généralement mieux tracées que dans l'agglomération, ou bien il s'agira de rues entièrement neuves ou redressées, pour l'établissement desquelles les municipalités tiendront compte dans une large mesure des besoins spéciaux du tramway, tant pour ce qui concerne le nivellement que pour la largeur des chaussées.

Les véritables tours de force réalisés dans certains réseaux, sous forme de rampes de 9, 10 et 11 pour 100, de courbes de 15^{m} et même de 14^{m} de rayon, de voies uniques avec évitements prenant toute la largeur de la rue, etc., ne nous semblent donc présenter à l'heure actuelle qu'un intérêt rétrospectif, ce qui nous permet de ne pas nous y arrêter plus longtemps : nous nous bornerons seulement à constater que, grâce à la merveilleuse souplesse de la traction électrique, toutes ces difficultés de tracé n'ont, en général, pas donné lieu à des inconvénients trop graves au point de vue d'exploitation.

La question du surécartement de la voie et de l'élargissement de la gorge des rails dans les courbes de faible rayon, qui fait l'objet de bien des controverses, nous semble devoir être tranchée sur la base des réponses soumises à notre examen. Il résulte en effet de ces réponses que, si certains exploitants maintiennent en courbe la largeur normale de la gorge des rails et de la voie ou rétrécissent même légèrement cette dernière dans le but de faire appuyer les boudins des deux roues en huit points contre les roulements et contre-rails respectifs et de diminuer ainsi l'usure en la répartissant également sur les rails et contre-rails, la grande majorité se prononce en faveur de l'élargissement de la voie et de l'ornière, dont la nécessité est d'ailleurs démontrée par l'analyse théorique du problème, faite par plusieurs spécialistes et, en particulier, par M. Max Dietrich [1] de Stettin.

[1] Voir *Eisenbahntechnische Zeitschrift*, 12e année, nos 1 à 6.

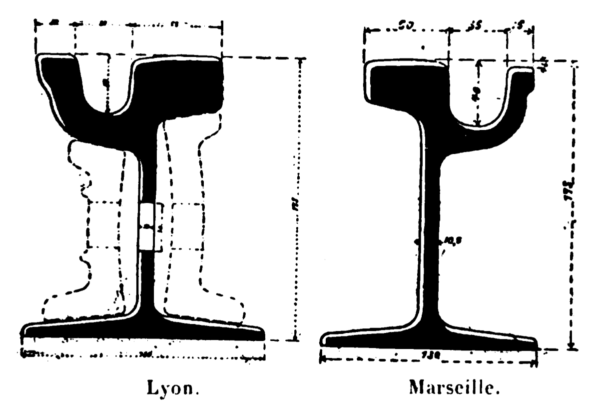
On conçoit, du reste, très bien que, au-dessous d'un certain rayon de courbure et pour un empattement, un diamètre de roues et une hauteur de boudin donnés, les boudins ne puissent plus se loger dans l'ornière de dimensions normales, et que le passage de la voiture ne puisse se faire qu'au prix d'un effort considérable.

Pour réaliser le contact sur quatre points extérieurs seulement avec un jeu de 4^{mm} de côté intérieur de la courbe, M. Max Dietrich déduit de ses formules les cotes indiquées au Tableau suivant, pour le cas où :

L'empattement de la voiture est..	m 1,80
Le diamètre des roues..........	0,80
La hauteur du boudin..........	0,02
L'épaisseur du boudin..........	0,02
L'écartement des roues (surface intérieure) :	
Pour voie de 1^m..............	$0^m,95$
Pour voie normale...........	$1^m,385$

RAYON de courbure (rail intérieur).	VOIE DE 1^m.			VOIE NORMALE.		
	Écartement.	Gorge intérieure.	Gorge extérieure.	Écartement.	Gorge intérieure.	Gorge extérieure.
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15	1007	39	38	1441	39	38
20	1004	35	35	1439	35	35
25	1002	33	33	1437	33	33
30	1001	32	31	1436	32	31
40	1000	30	30	1435	30	30

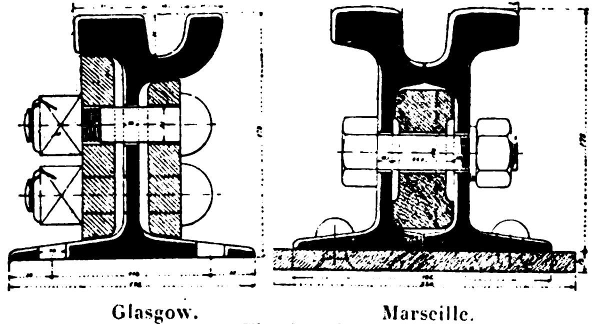
L'auteur fait remarquer qu'en pratique, si l'on se contente pour les deux rails de l'élargissement de la gorge indiqué par le Tableau pour le rail extérieur (ce qui revient à réduire un peu l'espace libre dans la gorge intérieure), l'élargissement de la gorge sera sensiblement égal, pour une gorge normale de 30^{mm}, au surécartement nécessaire dans la voie.


Lyon. Marseille.
Fig. 1 et 2. — Profils des rails.

En fait, un grand nombre de réseaux ont adopté pour les courbes des rails à gorge élargie, en adoptant généralement pour la gorge une largeur de 35^{mm}, employée uniformément dans toutes les courbes d'un rayon inférieur à 40^m.

Les figures 1 et 2 donnent les profils de rails pour courbes en usage dans les réseaux de Lyon et de Marseille; la figure 3 donne le profil du rail pour courbe à Glasgow, dans lequel on a renforcé le contre-rail pour permettre l'élargissement de la gorge par simple usure.

Dans les superstructures à rails composés : Haarmann, Marsillon, etc., l'élargissement de la gorge est facilement réalisable par l'emploi de cales plus épaisses entre rail et contre-rail; à Marseille, pour certaines courbes de très faible rayon (14^m) nécessitant une gorge de 40^{mm}, on a assemblé deux rails à patin au moyen de ferrures spéciales (*fig.* 4).


Glasgow. Marseille.
Fig. 3 et 4.

Pour ce qui concerne la surélévation du rail extérieur dans les courbes, la plupart des réseaux considèrent cette mesure comme très désirable et regrettent que le dévers des chaussées ne permette pas toujours de l'appliquer.

Il nous semble que l'on attribue une importance un peu exagérée à cette question et qu'il y a lieu, dans tous les cas, de faire une distinction entre les courbes de rayon moyen situées en pleine ligne, susceptibles d'être prises en vitesse, et celles des carrefours, généralement de faible rayon et où la vitesse des voitures est forcément ralentie.

Pour les premières, la surélévation du rail extérieur, exécutée suivant les formules courantes des chemins de fer, sera appliquée avec avantage partout où il est possible de le faire.

Pour les secondes, au contraire, la surélévation n'est pas d'une grande utilité; elle peut même présenter de sérieux inconvénients en rendant plus difficile la construction des croisements de voie et en soumettant le châssis des voitures à des effets de torsion nuisibles, les tronçons de raccordement n'ayant pas toujours la longueur nécessaire pour assurer un passage graduel de la voie plane à la voie en dévers.

Infrastructure des voies. — Il ne nous paraît pas exagéré de dire que peu d'organes constitutifs d'une installation de tramways ont fait l'objet d'autant d'essais et de tâtonnements que l'infrastructure des voies. En fait, cette partie de l'installation a reçu les dispositions les plus variées, généralement justifiées par la nature du sous-sol, le système de superstructure et de couverture de la chaussée employés ou par d'autres conditions locales et qui, en règle générale et à en juger par les

réponses faites au questionnaire, semblent toutes se comporter d'une manière relativement satisfaisante.

Pour ce qui concerne la consolidation du sous-sol, indispensable pour les terrains vaseux, argileux ou mal tassés, le système le plus répandu et employé indistinctement dans tous les pays est celui du hérisson de pierres brutes d'une hauteur de 0m,20 à 0m,25, s'étendant sur 0m,40 à 0m,50 de largeur sous chaque rail et qui remplit le double but de répartir la charge et d'assurer dans une certaine mesure le drainage de la forme. Ce système semble donner toute satisfaction dans la plupart des réseaux qui l'emploient, notamment pour les voies posées dans un pavage de pierre ou dans une chaussée empierrée. Il est parfois remplacé par une couche perméable de scories bien arrosées et pilonnées, s'étendant sur toute la largeur de la voie et établie à une profondeur variable; cette solution relativement économique donne des résultats satisfaisants, notamment dans le cas de terrains insuffisamment tassés. Enfin, dans certains réseaux, on a consolidé le sous-sol par un encoffrement de ballast cylindré s'étendant sur toute la largeur de la voie et d'une épaisseur variant de 0m,20 à 0m,30.

Lorsque la couverture de la chaussée est constituée par un dallage en asphalte ou un pavage en bois, nécessitant une assise en béton, on préfère généralement, pour la consolidation du sous-sol, remplacer le hérisson de pierres brutes par une plate-forme en béton maigre s'étendant sur toute la largeur de la voie, afin d'éliminer toute chance de tassement et de rendre plus homogène l'ensemble de la construction.

Ces bétonnages inférieurs, soumis en somme à des efforts peu importants, peuvent être exécutés avec un dosage relativement faible.

Quant à la forme proprement dite de la voie, son mode d'exécution varie considérablement suivant les pays et les villes et, pour cette partie de la construction, les usages locaux semblent intervenir au moins autant que les considérations techniques, d'ailleurs souvent très personnelles, des exploitants.

Si la longrine en béton ou la plate-forme complète en béton est très en vogue en Allemagne, en Belgique, en Angleterre et dans les pays scandinaves, qui semblent donner la préférence à une assise aussi rigide que possible de la voie ferrée, un grand nombre de réseaux de France, d'Espagne et d'Italie s'en tiennent encore aux constructions primitives dans lesquelles la forme est constituée par des matériaux plus ou moins élastiques, tels que ballast, gravier fin ou sable, simplement bourrés sous les rails, l'assise en béton n'étant employée que pour les voies devant recevoir une couverture monolytique ou de luxe, telles qu'asphalte ou pavage en bois.

Les réponses au questionnaire étant généralement plus descriptives que justificatives, il est assez difficile de se prononcer sur la valeur comparative de ces deux systèmes d'assise essentiellement différents qui ont tous deux leurs partisans et qui semblent convenir également bien dans la plupart des cas.

De l'ensemble des réponses exprimées, il nous paraît cependant se dégager cette impression que les réseaux qui emploient l'assise élastique se plaignent en général moins de cette partie de leur installation que ceux qui font usage d'une assise rigide.

Dans un grand nombre de ces derniers, on a constaté notamment une désagrégation plus ou moins importante du béton des longrines sous les joints, même dans le cas où les rails ne reposent pas directement sur le béton et sont placés sur une semelle en béton d'asphalte, sur des plaques d'asphalte comprimé, des cales en bois ou en feutre, interposées dans le but de rendre moins dur et moins sonore le roulement des voitures.

A en juger par les innombrables essais qui ont été tentés pour la consolidation des joints, il nous semble permis d'affirmer que l'emploi de l'assise rigide ne diminue pas sensiblement les difficultés que l'on éprouve un peu partout à maintenir les joints en bon état de conservation. D'un autre côté, la consolidation d'un joint affaissé sur une voie avec assise élastique peut incontestablement se faire avec plus de facilité et avec moins de frais que dans le cas d'une assise rigide, puisque, dans le premier cas, il s'agira d'un simple bourrage, alors que, dans le deuxième, la réparation de la longrine désagrégée nécessitera une réfection relativement importante, d'ailleurs assez difficile à exécuter en cours d'exploitation.

Le grand ennemi de nos voies c'est la vibration, aussi n'est-ce pas sans raison que les adeptes de l'assise élastique invoquent comme principal avantage de leur mode de construction la réduction notable des vibrations qui en résulte, réduction dont on peut se convaincre facilement en comparant le bruit occasionné par le passage des voitures sur une voie avec assise élastique avec celui que donne une assise rigide.

La pratique des voies de chemin de fer a d'ailleurs démontré depuis bien longtemps qu'une certaine élasticité de la voie est absolument indispensable pour la bonne conservation de la forme ainsi que de celle des assemblages de la superstructure, et, bien que nos conditions d'exploitation ne soient pas les mêmes, il paraît logique de tenir compte de l'expérience acquise par nos grands frères.

Nous serions heureux de voir les adeptes de la forme rigide apporter leurs arguments au cours de la discussion de cette question, qui nous paraît présenter un réel intérêt au point de vue de l'orientation future de nos efforts, dans la construction des voies pour tramways urbains.

Partisan résolu de la forme élastique, nous estimons que la forme rigide ne devrait être employée que dans les chaussées avec couverture de luxe, telles que dallage asphalté, pavage en bois ou pavage en grès vitrifié. Dans ce cas-là, il est indispensable en effet d'emprisonner la voie ferrée dans l'ensemble de la forme et de la couverture avec lesquelles elle doit faire bloc, en vue d'éviter les dislocations qui ne manqueraient pas de se produire dans la couverture si la voie conservait ses vibrations propres.

Les réponses au questionnaire sont d'ailleurs très suggestives au point de vue des difficultés qui ont été éprouvées dans ce genre de construction, mais nous ne



nous y arrêterons pas plus longtemps, notre honorable confrère rapporteur, M. Busse, nous paraissant mieux qualifié que nous-même pour traiter ces questions.

Nous nous bornerons à constater que la vibration des voies posées sur longrines ou sur plate-forme en béton a occasionné de nombreuses difficultés qui n'ont pu être surmontées complètement par l'emploi de semelles en béton d'asphalte de 3^{cm} à 5^{cm} d'épaisseur, de plaques d'asphalte ou de feutre, de cales en bois, et que des résultats plus satisfaisants ont été obtenus au moyen d'ancrages de la voie noyée dans le béton tous les 2^m à 3^m. Certaines de ces constructions, soi-disant perfectionnées, avec une foule d'organes accessoires, font de l'infrastructure un véritable édifice, et doivent être affreusement coûteuses comme établissement et comme entretien.

La composition du béton est assez variable suivant les réseaux, mais tous sont unanimes au sujet de la nécessité de n'employer que des matériaux de première qualité, et de ne tolérer le réemploi des vieux matériaux que pour des constructions d'importance secondaire et sous certaines conditions.

Quant aux formes élastiques, elles sont constituées soit par du ballast concassé (anneau de 6^{cm}), soit par du gravier, soit enfin par du sable, assez fréquemment aussi par une combinaison de ces matériaux, employés en couches successives.

L'épaisseur de la forme est variable, mais dépasse rarement 25^{cm}; elle est rarement inférieure à 15^{cm}.

L'emploi de gros ballast et de petit gravier ne semble recommandable que dans le cas de chaussées empierrées, tandis que, pour les chaussées pavées, le sable est employé de préférence. Il y a toujours avantage à donner la plus grande homogénéité possible à la forme, et, à ce point de vue, l'emploi de matériaux de qualité et de nature différentes devrait être évité en raison des tassements qui ne manquent pas de se produire lorsque, par exemple, le sable employé en bourrage repose sur une couche de gros ballast, dans les interstices duquel il finit par s'introduire sous l'influence des eaux superficielles et des chocs de la voie ferrée, dégarnissant ainsi le patin du rail.

Une forme en sable bien grenu, quartzeux et bien lavé, employé sur une épaisseur de 20^{cm}, donne une assise d'une élasticité remarquable, qui se maintient pendant de longues années, et dont les avantages n'ont pas toujours été appréciés à leur juste valeur.

On reconnait en général l'utilité de garnir de béton ou de sable le vide existant entre l'âme du rail et les pavés adjacents, et d'abreuver au coulis de ciment ces mêmes pavés en vue d'éviter la désagrégation de la forme par les eaux de surface; le seul inconvénient de cette mesure est de rendre plus difficile le relevage des pavés usés par le charroi, relevage qui doit se faire assez fréquemment dans les rues à circulation intensive.

Pour ce qui concerne les avantages et les inconvénients des différents genres de couverture des chaussées empruntées par les voies, il est permis de conclure, des réponses soumises à notre examen, que le simple empierrement (macadam) n'a d'autre avantage que son faible prix de revient, et ne peut être employé que sur les lignes exemptes d'une circulation charretière intensive. Non seulement il est à peu près impossible d'éviter la formation d'ornières le long des rails, ornières qui peuvent être la cause de nombreux accidents, mais le dégarnissage qui en résulte ébranle sérieusement la voie et compromet ainsi la solidité de ses assemblages.

Le pavage en pierre, de qualité dure de préférence, est au contraire considéré comme le meilleur système de couverture, tant au point de vue des facilités de circulation que de la conservation de l'assiette de la voie. Son prix de revient est évidemment assez élevé, notamment dans le cas de pierre dure : granit, porphyre, basalte, etc.; aussi a-t-on employé fréquemment, avec succès, des pavages mixtes, comportant de la pierre dure le long des rails et de la pierre plus tendre, du grès par exemple, pour le reste de la surface de la voie et de la chaussée. Cette solution diminue sensiblement le prix de revient du pavage et ne présente aucun inconvénient pratique, l'usure restant à peu près régulière, malgré l'emploi de deux qualités différentes de pierre.

Parmi les couvertures que l'on pourrait appeler *de luxe,* la préférence est donnée au pavage en bois, qui, exécuté soigneusement, se comporte très bien dans les voies et ne s'use pas d'une façon exagérée. Au point de vue de l'usure, on préfère généralement les pavés de bois dur (bois d'Australie), qui gonflent aussi beaucoup moins sous l'influence de l'humidité que les pavés de bois tendre, mais on leur reproche de devenir très glissants dans certaines conditions atmosphériques. Comme, d'autre part, leur prix est assez élevé, l'emploi des pavés de bois tendre imprégné tend à se généraliser dans nos pays, et notamment à Paris, où un très grand nombre de voies de tramways sont munies de ce système de couverture. Le gonflement des pavés de bois tendre, qui a souvent entraîné des déformations de la voie ferrée, peut être évité en ménageant des joints suffisamment larges, et en employant pour leur garnissage un coulis de brai suffisamment élastique.

Une unanimité touchante se manifeste à l'égard des dallages en asphalte, qui semblent être devenus un véritable cauchemar pour les exploitants de tramways. Il est de fait que ce genre de couverture a occasionné partout de sérieuses difficultés au point de vue de la conservation du dallage le long des rails. La désagrégation du dallage, due à la vibration des rails, se manifeste au bout d'un temps relativement court, aussi bien avec l'asphalte coulé qu'avec l'asphalte damé (quoique cependant un peu moins pour le premier); dans un grand nombre de réseaux, après une série d'essais et de tâtonnements, on est arrivé à considérer l'interposition entre l'asphalte et le rail d'une rangée de pavés en bois comme le seul remède aux difficultés constatées.

Cette solution complique évidemment beaucoup la construction et, plutôt que de l'adopter, de nombreux réseaux préfèrent supporter les frais de la réfection à intervalles rapprochés du dallage en asphalte. Si des *arrangements* à ce sujet sont intervenus dans certaines villes entre les exploitants de tramways et les entrepreneurs chargés de l'entretien des dallages, ces



arrangements semblent avoir consisté, dans la plupart des cas, à faire supporter les dépenses de réfection aux exploitants, qui s'exécutent de bonne grâce, leur conscience n'étant pas très tranquille au sujet de la stabilité de leur voies.

SUPERSTRUCTURE. — Notre honorable collègue-rapporteur, M. Busse, ayant étudié plus spécialement les voies et systèmes de joints en usage en Allemagne, nous nous bornerons à traiter les genres de construction les plus courants en France, où cette question est d'ailleurs loin d'avoir atteint le même développement.

Les aciéries françaises, il est regrettable d'avoir à le constater, n'ont encore fait que peu d'efforts pour se mettre à la portée des compagnies de tramways qui ont tout au plus le choix entre une douzaine de profils de rails modernes, alors qu'en Allemagne, en Belgique et en Angleterre, les aciéries sont à même de répondre aux besoins les plus variés.

Les anciennes voies Marsillon et Humbert qui étaient employées sur les réseaux à traction animale, sont remplacées au fur et à mesure de leur usure par des voies avec des rails à patin, dont il existe actuellement quelques profils satisfaisants, notamment le rail RM de 51 kg : m (Marseille), le rail Broca de 50 kg : m (Lyon et Paris) et le rail RR de 42 kg : m (Marseille, Le Havre, Nancy, Orléans).

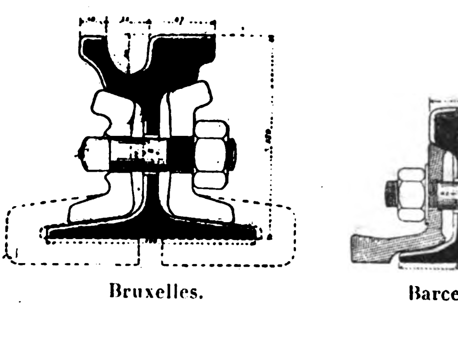
Ces profils sont établis d'après les règles modernes pour ce qui concerne la hauteur, la largeur du patin, la profondeur de la gorge, la largeur de la surface de roulement et la dénivellation de quelques millimètres entre le rail et le contre-rail; ils sont exécutés pour les voies en courbe avec une gorge de 35^{mm} et l'on peut les considérer comme typiques pour les nouvelles constructions.

Les figures 5 à 10 montrent les profils de rails, en usage dans les réseaux de Bruxelles, de Barcelone, de Lyon, de Marseille, de l'Est parisien et de Glasgow.

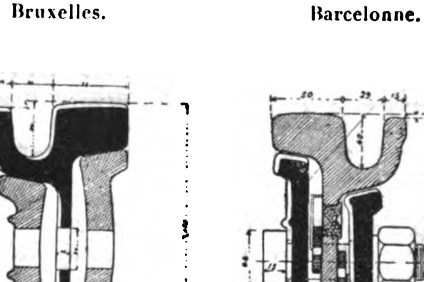
Il est peu probable que l'on face usage à l'avenir, en France, de profils encore plus lourds, et nous pensons que le profil de 50 kg : m représente le maximum de ce que l'on peut raisonnablement employer dans la construction d'une voie de tramway urbaine.

L'augmentation du profil a été surtout motivée par le désir de réaliser des joints plus robustes, mais l'expérience ayant démontré que l'amélioration ainsi obtenue n'avait été que bien minime eu égard à l'augmentation correspondante du prix de la voie, comme d'autre part il est parfaitement possible de ne pas dépasser 42^{kg} à 45^{kg} par mètre courant pour un rail de 175^{mm} à 180^{mm} de hauteur, 130^{mm} à 150^{mm} de largeur de patin et 50^{mm} de largeur de roulement avec une gorge de 38^{mm} à 40^{mm}, c'est-à-dire pour un rail susceptible de répondre aux conditions de travail les plus dures, nous pensons qu'on s'en tiendra de plus en plus à ce type, pour n'employer que tout exceptionnellement des profils plus lourds.

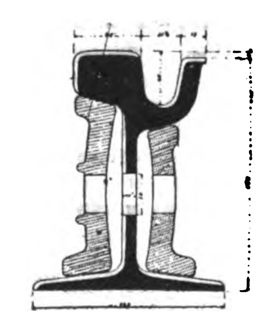
Pour ce qui concerne plus particulièrement la hauteur des rails, on estime, en général, que celle de 175^{mm} à 180^{mm} constitue un maximum qui suffit aussi bien au point de vue de la résistance que des facilités recherchées pour l'exécution du pavage, et qu'il n'est pas utile de dépasser. Certains réseaux, pour des lignes à trafic moyen et sur des chaussées pavées avec pavés de petites dimensions, se contentent même d'une hauteur de 140^{mm} à 150^{mm}.



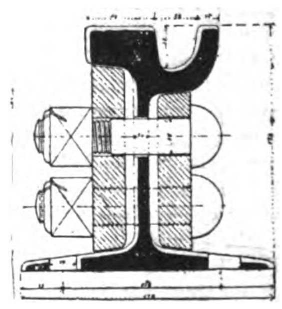
Bruxelles. Barcelonne.



Lyon. Marseille.



Est parisien.



Glasgow.

Fig. 5 à 10. — Profil des rails.

Quant à la longueur des barres, tout le monde est d'accord, en principe, pour la désirer aussi grande que possible, en vue de diminuer le nombre des joints; mais, en pratique, on considère la longueur actuelle de 12^{m} à 15^{m} employée par la plupart des réseaux comme une limite qui ne pourra être dépassée que dans des circonstances exceptionnelles et portée à 18^{m} au maximum. (Les réseaux de Marseille, du Havre et de Nancy vont employer cette longueur sur leurs nouvelles lignes.)

Les difficultés de transport et de manutention deviennent en effet très appréciables pour les profils lourds aussitôt que la longueur des barres dépasse 12^{m}; quant aux profils légers, ils sont sujets à se déformer et cette

considération limite davantage encore la longueur des barres.

Pour ce qui concerne la qualité du métal et les conditions imposées aux fournisseurs de rails, les réseaux français s'en tiennent généralement aux conditions d'épreuve des compagnies de chemin de fer. Cette façon de procéder, que l'on pratique aussi dans d'autres pays, n'est peut-être pas absolument rationnelle, les rails de tramways devant répondre à des conditions sensiblement différentes de celles qui se présentent pour les rails de chemins de fer. Pour ces derniers, la question de sécurité ne permet pas d'adopter le degré de dureté qui serait désirable au point de vue de l'usure et qui est parfaitement admissible pour les rails de tramways, chez lesquels une rupture accidentelle ne présente aucun danger sérieux.

Dans cet ordre d'idées, nous estimons que la rigueur des épreuves au choc et les prescriptions relatives à l'allongement (limites d'élasticité), pourraient être atténuées au profit de la dureté, qui constitue incontestablement le facteur le plus important de la qualité d'un rail de tramway. Une grande importance doit être attribuée aussi à la parfaite régularité du profil, notamment aux extrémités des rails, dont dépend la qualité de l'éclissage. Enfin, il y aurait lieu de se préoccuper davantage de la conductibilité électrique de l'acier employé, qui est souvent bien insuffisante, notamment pour les rails exécutés en acier Thomas, et ceux dans la fabrication desquels entrent des métaux accessoires tels que le silicium et le manganèse.

On estime généralement que la résistivité électrique de l'acier est 9 ou 10 fois plus grande que celle du cuivre; en réalité, on a constaté maintes fois que ce rapport était sensiblement dépassé et atteignait parfois 15 à 16.

Quant à la dureté à adopter pour les bandages par rapport à celle des rails, la majorité des réseaux estiment que le bandage doit être moins dur que le rail, mais sans fournir à cet égard des justifications précises. On peut opposer à cette manière de voir le fait que l'usure des bandages coûte au moins aussi cher que celle des rails et que le minimum des dépenses totales (rails et bandages) provenant de l'usure sera atteint en employant l'acier le plus dur possible tant pour les bandages que pour les rails.

Pour les éclisses, entretoises et le petit matériel de voie, on semble préférer, en général, un métal plus doux que pour les rails, avec une résistance de 40^{kg} à 60^{kg} par millimètre carré et un allongement de 15 à 20 pour 100; quelques compagnies emploient cependant pour les éclisses la même dureté que pour les rails; il semble *a priori* qu'une éclisse en métal doux doit faire un meilleur joint.

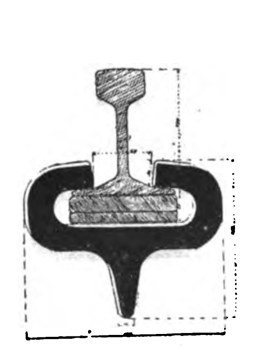
JOINTS (¹). — Pour ce qui concerne la disposition des joints, nous constatons que le joint alterné n'a pas répondu aux espérances que l'on avait fondées sur lui il y a une dizaine d'années, et qu'il est définitivement abandonné dans les nouvelles constructions, où les joints des deux files de rails sont toujours placés d'équerre.

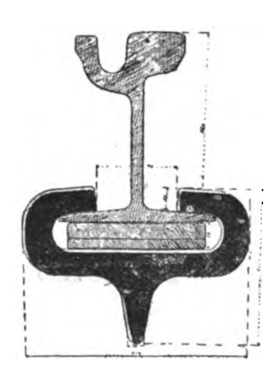
Le jeu de quelques millimètres que l'on avait continué de laisser au joint pour permettre la dilatation des rails, a été reconnu inutile et même nuisible; presque tous les réseaux l'ont supprimé et posent actuellement leurs rails bout à bout. Notre expérience personnelle nous permet d'ailleurs d'affirmer que les rails ne peuvent pas se dilater dans les joints modernes, à moins que les boulons ne soient desserrés. On avait placé à Marseille, sur des voies soudées, des joints éclissés munis d'une boîte permettant la visite des boulons, et qui, établis tous les 75^{m} à 150^{m}, devaient jouer le rôle de joints de dilatation. L'expérience a démontré que ces joints n'accusaient aucun mouvement de dilatation ou de contraction des rails, tant que les boulons étaient normalement serrés.

Quant à la constitution proprement dite des joints, on a naturellement éprouvé dans les réseaux français les mêmes difficultés que partout ailleurs pour la réalisation d'un joint durable sur les voies à service intensif, et cela même avec les profils de rails les plus puissants qui aient été employés.

Cependant, ces difficultés n'ont pas provoqué des recherches aussi abondantes et des solutions aussi variées qu'en Allemagne, en raison surtout du faible concours que les exploitants ont trouvé auprès des constructeurs.

En fait, on s'est contenté de renforcer les éclissages existants par l'emploi d'éclisses-cornières très robustes, longues de 700^{mm} à 800^{mm} et assemblées par 6 boulons de 22^{mm} à 25^{mm}, et ce n'est que dans ces dernières années que l'on a vu se présenter quelques solutions nouvelles, en même temps que se développaient les procédés de soudure tendant à la réalisation d'un rail continu.





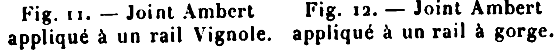


Fig. 11. — Joint Ambert appliqué à un rail Vignole.

Fig. 12. — Joint Ambert appliqué à un rail à gorge.

Comme solutions nouvelles d'un assemblage mécanique, nous citerons particulièrement le joint Ambert, le joint Arbel et le joint Holzer.

Le joint Ambert est constitué par un manchon en acier coulé ou laminé, enveloppant les patins des rails et les maintenant serrés par deux clavettes plates de même largeur que les patins placés sous ceux-ci, coin-

(¹) Rappelons qu'une analyse d'une étude de M. Max Buchwald sur les joints mécaniques a paru récemment (t. VI, 15 octobre 1906, p. 203) dans ces colonnes. (*N. de la R.*)

cées à haute pression au moyen d'une presse puissante. Cet assemblage supprime entièrement l'emploi de boulons, et, d'après les essais entrepris, il semble être aussi suffisamment parfait pour dispenser de l'usage d'une connexion électrique.

Les figures 11 et 12 montrent le joint Ambert appliqué à un rail Vignole et à un rail à gorge; les figures 13 à 15 montrent la presse de calage employée pour la confection des joints.

Le joint Ambert, bien que de création récente, a déjà

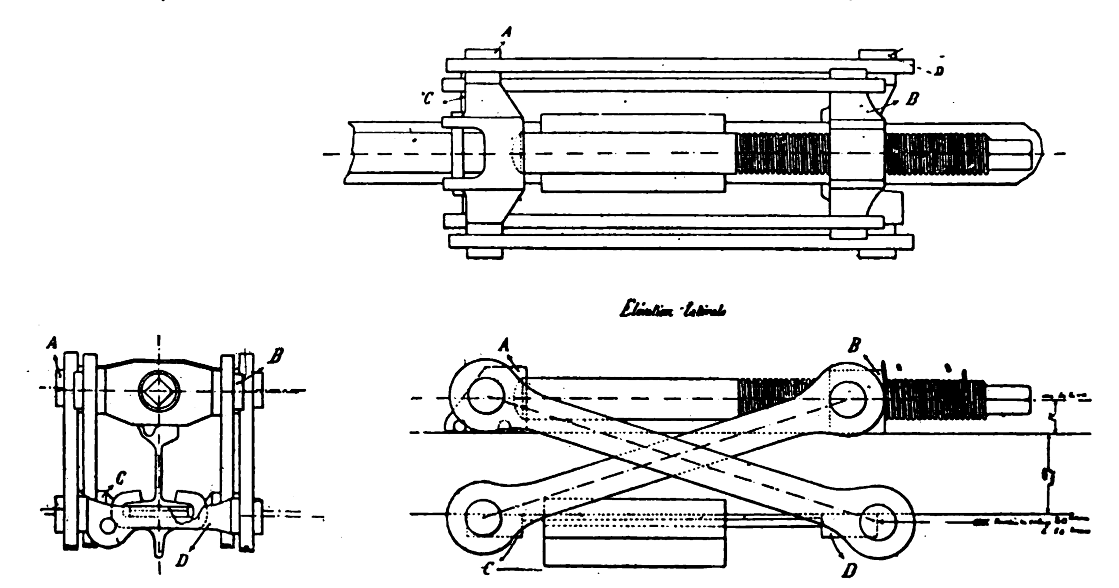


Fig. 13 à 15. — Presse de calage pour joints Ambert.

reçu de nombreuses applications en France, et certains réseaux, satisfaits des résultats obtenus, comptent en généraliser l'emploi. On critique cependant la forme du manchon, dont la nervure centrale empêche dans une certaine mesure un bon bourrage; de ce fait, certains joints ont cédé. Ce joint, assurément très intéressant, ne semble pas encore sorti entièrement de la période expérimentale, et il est, paraît-il, nécessaire, avant de se prononcer définitivement à son égard, d'attendre les appréciations des nombreux réseaux qui l'ont employé ces derniers temps.

Le joint Abel (*fig.* 16 et 17), constitué par un sabot

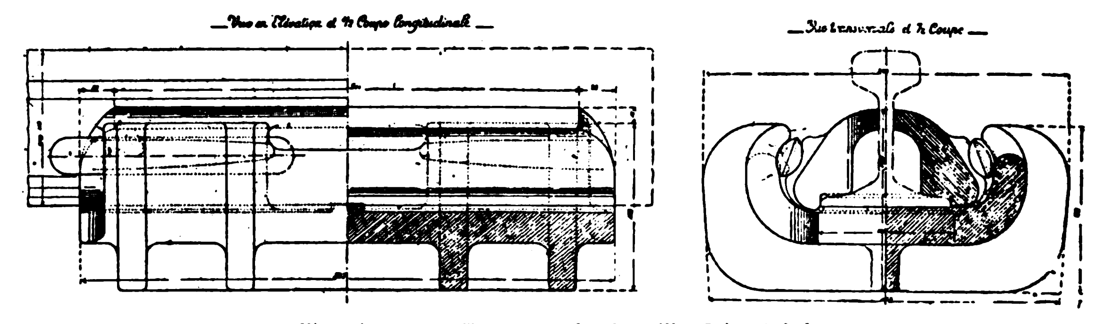


Fig. 16 et 17. — Tramways de Marseille. Joint Arbel.

porte-rails et deux mors mobiles qui s'appuient à la fois sur le patin et contre l'âme du rail, et qui sont serrés par des clavettes, a également été appliqué à titre d'essai par un certain nombre de réseaux, mais il n'est pas possible encore de se prononcer sur la valeur de ce système d'origine trop récente.

Il en est de même du procédé Holzer, qui réalise le joint par rivetage patin contre patin, au moyen d'un coupon de vieux rail servant de pont. On affirme que ce genre de joint, à la condition d'être exécuté avec soin, donne d'excellents résultats; il est incontestable que l'ensemble, ainsi constitué, réalise un assemblage très robuste; mais, comme des essais de ce genre avaient déjà été tentés en Angleterre il y a quelques années sans succès appréciable, il est permis de se montrer un peu sceptique au sujet de la valeur de ce système.

Les figures 18 à 21 indiquent les essais de joints rivés entrepris par la Compagnie de l'Est Parisien.

Le joint coulé d'après le procédé Falk a été appliqué en France sur une vaste échelle, d'abord pour la con-

solidation d'anciennes voies à traction animale conservées lors de l'application de la traction électrique et ensuite pour une série de constructions neuves. Dans le premier cas, ce procédé a permis de prolonger très notablement la durée des voies, malgré le profil trop faible de leurs rails; quant aux applications faites sur des rails à patin de voies neuves, elles ont, en général, donné toute satisfaction, notamment à Paris où de grandes

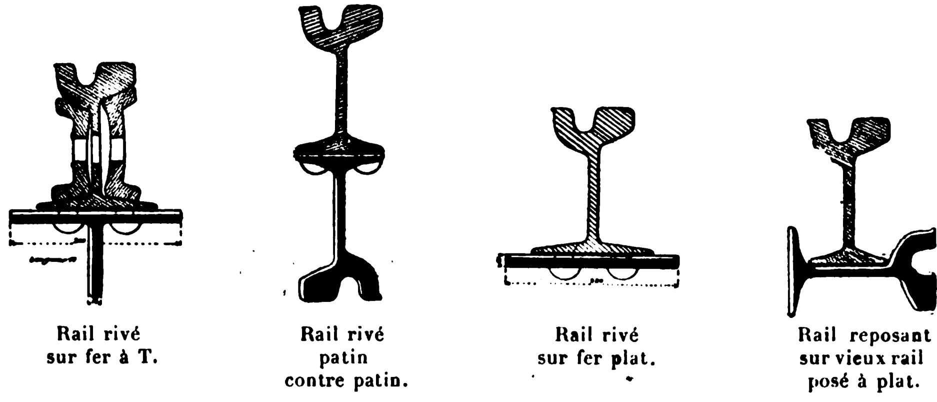


Fig. 18 à 21. — Joints rivés appliqués à la Compagnie de l'Est Parisien.

longueurs de voies pavées en bois ont été munies de joints coulés.

On a prétendu que, par l'effet de la température élevée de la fonte en fusion, l'acier du rail perdait de sa dureté au droit des joints. C'est là une assertion dont l'exactitude reste à démontrer; dans tous les cas, nous ne pensons pas qu'il puisse résulter de ce fait de sérieux inconvénients. Ayant eu à vérifier tout dernièrement des joints coulés il y a six ans, nous les avons en effet trouvés en parfait état, sans aucune trace de dénivellation.

Nous pensons que le joint Falk est encore un des meilleurs et qu'il aurait trouvé un emploi beaucoup plus répandu si son application, d'ailleurs coûteuse, ne nécessitait pas un outillage si compliqué et n'entraînait pas autant de sujétions dans la construction.

C'est sans doute en raison surtout des facilités de son application que la soudure aluminothermique a séduit bon nombre de réseaux et que de nombreuses lignes ont été exécutées par ce procédé ces derniers temps. Malheureusement, les résultats n'en sont pas encore très encourageants, des ruptures se sont produites en assez grand nombre et l'on hésite d'autant plus à étendre l'emploi de ce procédé que la réparation des joints rompus est une chose assez difficile à réaliser et fort coûteuse.

Cependant, comme sur certaines lignes ces joints soudés se sont très bien comportés, que leur prix de revient n'est pas exagéré et qu'ils permettent de réaliser le véritable rail continu avec tous ses avantages au point de vue du roulement, de la conductibilité électrique et de l'économie d'entretien, nous estimons que ce système doit retenir toute l'attention des exploitants, qui feront bien de ne pas se prononcer trop hâtivement sur sa valeur.

Quant à la soudure électrique par courants alternatifs ou par courants continus (procédé de l'Akkumulatoren Fabrik de Berlin), elle n'a reçu aucune application en France jusqu'à ce jour, mais on en suit les résultats avec intérêt.

Il en est de même des essais entrepris en Italie pour la soudure au moyen du chalumeau à acétylène, qui s'appliquent à un procédé très simple, mais probablement coûteux.

La question de l'opportunité d'employer des joints de dilatation sur les voies soudées semble devoir être tranchée dans le sens de la négative, les essais tentés dans ce sens n'ayant pas d'autre résultat que de diminuer un peu le nombre des ruptures dans le cas de joints soudés d'une façon imparfaite.

Dans une voie noyée, les efforts de contraction élémentaires sont sensiblement neutralisés par les résistances élémentaires, et, si des joints soudés ne tiennent pas sur un tronçon de 200^m, ils ne tiendront pas beaucoup mieux sur un autre de 50^m seulement.

Pour ce qui concerne les joints mécaniques perfectionnés, actuellement employés en Allemagne et dans beaucoup d'autres pays, tels que le joint avec éclisses à patin et ses dérivés, le joint Melaun et le sabot porte-rail Scheinig et Hofmann, ils sont à peu près inconnus dans les réseaux français et commencent à peine à recevoir quelques modestes applications. Il est cependant probable que leur emploi s'étendra rapidement, étant donnés les résultats relativement satisfaisants obtenus par ces systèmes qui reposent tous sur des principes d'une justesse incontestable.

Les éclissages ordinaires des profils modernes seraient généralement très suffisants si les surfaces en contact des rails et des éclisses, telles qu'elles sont prévues par les épures géométriques, existaient en réalité et pouvaient être maintenues. Cette condition est réalisée dans les voies des chemins de fer où la portée des pièces en contact, qui n'est jamais parfaite au début par suite des inégalités de laminage, s'améliore graduellement par le serrage continuel des boulons d'éclissage. Les chocs dus au passage des essieux, qui n'agissent au dé-

but que sur quelques points en contact, produisent un matage du métal sur ces points et, par le resserrage graduel des boulons, les surfaces en contact s'étendent toujours davantage, pour former finalement un assemblage aussi parfait que s'il était obtenu par l'ajustage le plus soigné.

Pour une voie de tramway, noyée dans la chaussée, les choses se passent tout autrement.

Les joints n'étant pas accessibles, on ne procède pas à un resserrage graduel des boulons et, dans ces conditions, la portée forcément imparfaite de l'assemblage primitif non seulement ne s'améliore pas, mais devient même de plus en plus mauvaise, puisque le jeu produit par le premier matage ne fait qu'augmenter la violence des chocs, qui, portant toujours sur les mêmes points, finissent par amener une déformation permanente de l'éclisse et des abouts des rails. Si l'on vient à ce moment pour resserrer les boulons, il est trop tard, la déformation en question ne permettant plus d'amener les surfaces en contact sur toute l'étendue du joint. D'autre part, si le joint a un peu de jeu, la composante horizontale des chocs, agissant sur les boulons en raison de l'inclinaison des surfaces d'appui des éclisses, atteint une valeur importante et contribue encore au desserrage du joint.

Cette théorie, dont il est facile de vérifier l'exactitude en examinant l'état des surfaces en contact des joints avec des durées de services différentes, établit donc que la véritable cause de nos difficultés n'est autre chose que l'impossibilité où nous nous trouvons, avec les constructions actuelles, de resserrer à des intervalles rapprochés les boulons de nos joints, et d'établir graduellement, pour les parties en contact, une surface suffisante pour constituer un assemblage susceptible de résister aux efforts auxquels il est soumis.

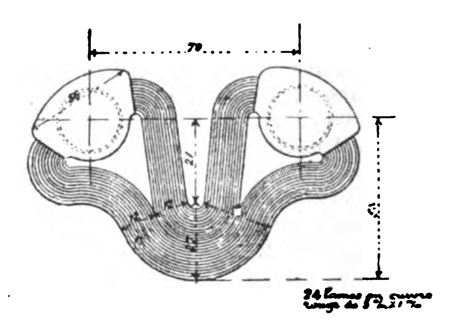
Le principe des joints perfectionnés, éclisses à patins, joint Melaun, joint Ambert, joint Scheinig et Hofmann, consiste à reporter la plus grande partie des efforts sur le patin des rails, où la surface d'appui peut être suffisante dès le début pour éviter un matage, les boulons soumis à des efforts moins importants étant d'autre part moins enclins à se desserrer. Ce principe est évidemment très rationnel et son application doit forcément retarder sensiblement la dislocation des joints. Le joint Scheinig et Hofmann doit sans doute son succès au serrage énergique résultant de l'embattage à chaud du sabot, mais nous sommes enclins à penser que la feuille de zinc, interposée entre le sabot et le patin, et à laquelle on attribue une importance au point de vue électrique seulement, contribue dans une large mesure à la solidité du joint en assurant une portée parfaite des surfaces en contact, dès la mise en place du sabot; c'est sans doute en s'inspirant de ces principes que l'on arrivera à solutionner d'une façon définitive la question des joints, qui présente un si grand intérêt au point de vue de la conservation des voies et du matériel roulant.

Connexions électriques. — Les réseaux consultés semblent en général satisfaits des systèmes de connexions électriques qu'ils ont employés, mais il faut dire que ces organes ne reçoivent pas toujours toute l'attention qui leur est due, simplement parce que leur imperfection éventuelle ne se traduit généralement pas par des inconvénients directement tangibles.

C'est ainsi que l'augmentation de la consommation d'énergie qui peut résulter de connexions défecteuses est souvent attribuée à d'autres causes et que les effets d'électrolyse dus à une insuffisance du circuit de retour ne se manifestent généralement que longtemps après l'origine de cette insuffisance et peuvent d'ailleurs provenir aussi de défauts indépendants des connexions proprement dites.

La mesure individuelle de la résistance des joints, exécutée une ou deux fois par an et plus, après chaque réfection de la voie, est évidemment le meilleur moyen de contrôle à employer, et ce n'est qu'en organisant ce service de contrôle d'une façon systématique que l'on peut arriver à maintenir les connexions en bon état d'entretien.

La plupart des réseaux donnent la préférence aux connexions constituées d'une pièce par un fil à tête refoulée et avec serrage par cheville intérieure, mais on commence à employer aussi en Europe les connexions à brins souples et avec têtes pleines serrées à la presse (*fig.* 22 et 23), très en vogues aux États-Unis.



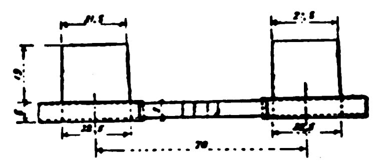


Fig. 22 et 23. — Tramways de Marseille. Connexion courte en cuivre rouge.

Ce système est excellent à la condition que la tête fasse bien corps avec le brin souple, ce qui ne peut s'obtenir que par un matricage à chaud et non par coulée de la tête.

Enfin, certains réseaux emploient de simples fils de trolley, fixés aux rails au moyen de bornes rivées, soudées ou boulonnées, système évidemment très économique, mais moins efficace en raison des surfaces de contact multiples qui conduisent toujours à une augmentation de résistance.

Lorsque le système d'éclissage le permet, on donne la préférence aux connexions courtes logées sous l'éclisse, non seulement pour les mettre à l'abri du vol, mais surtout dans le but de diminuer la résistance électrique du

joint. On arrive ainsi à constituer des voies dont la résistance n'est que de 1,05 à 1,10 par rapport à celle du rail supposé continu, mais il est prudent de ne pas aller trop loin dans la voie de la réduction de la longueur des connexions, afin de leur conserver une souplesse suffisante.

Les connexions plastiques, système Edison-Brown, sont très peu employées en Europe; par contre l'usage de connexions à brins souples brasées sur l'âme ou sur le patin du rail tend à se répandre de plus en plus : ce système réalise évidemment une liaison électrique parfaite.

Un point très important du circuit de retour est constitué par la connexion des câbles de retour principaux aux voies. Afin de permettre un contrôle facile de cet organe, les Tramways de Marseille font usage d'une boîte de connexion spéciale qui reçoit l'extrémité du câble de retour et les connexions transversales allant aux rails, dont le nombre est proportionné à l'intensité du courant. Ces points particulièrement délicats du circuit de retour peuvent ainsi être visités à intervalles rapprochés sans avoir à démolir le pavage. La figure 24 montre les dispositions de cette boîte de connexion.

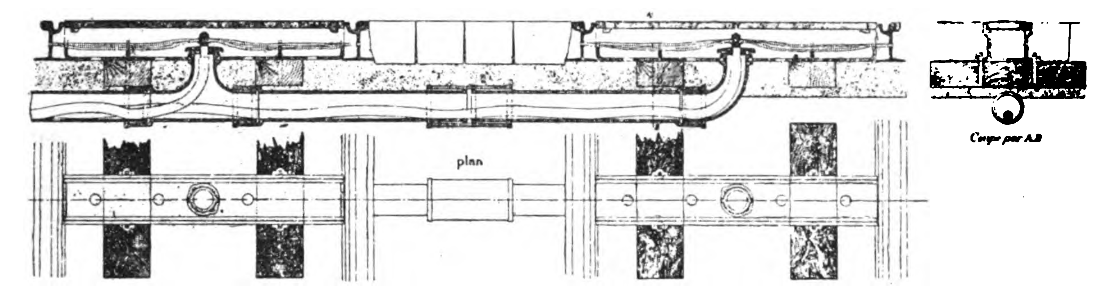
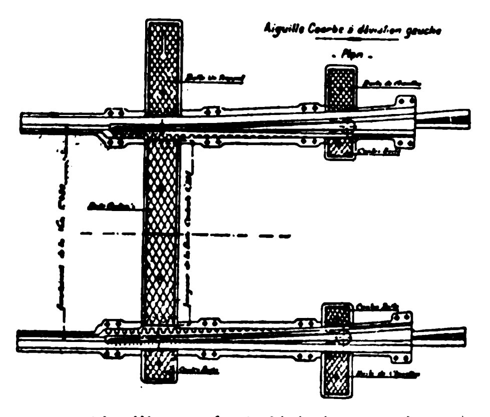
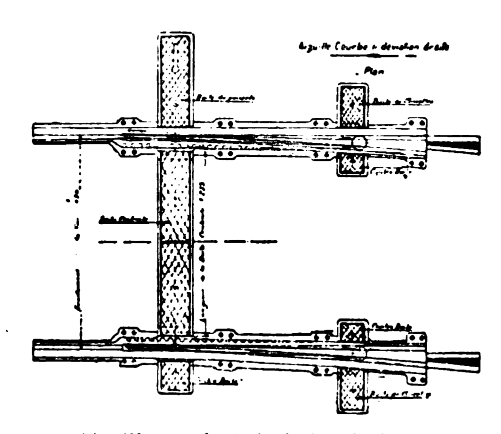


Fig. 24. — Tramways de Marseille. Boîte de connexion de rails pour câbles de retour.

Appareils de voie. — La plupart des réseaux emploient actuellement des aiguillages en rails assemblés et à deux flèches conjuguées avec enclanchement par ressort ou par contre-poids, munis, le cas échéant, d'appareils de manœuvres par rappel ou par poussée, combinés avec la boîte centrale contenant un mécanisme universel permettant de modifier la position de calage par simple renversement d'un contre-poids ou d'un levier à ressort. Les figures 25 et 26 montrent la disposition d'ensemble des aiguillages courbes en acier au manganèse, en usage sur le réseau de Marseille; les figures 27-31 montrent les boîtes de manœuvre par rappel et par poussée de ces aiguillages.



Aiguille courbe à déviation gauche.



Aiguille courbe à déviation droite.

Fig. 25 et 26. — Tramways de Marseille. — Disposition d'ensemble des aiguillages courbes à rayon moyen de 30^{m} en acier au manganèse avec boîte de manœuvre et boîtes de clavettes des flèches.

Les flèches sont généralement cintrées avec un rayon de courbure variant entre 25^{m} et 50^{m}, ce qui adoucit beaucoup le mouvement des voitures à l'entrée et à la sortie des aiguillages.

Quant à la construction proprement dite de ces organes, elle a subi des perfectionnements importants, notamment au point de vue de la solidité de l'encastrement des flèches et de la facilité de leur démontage, ainsi que de la portée et de la conservation des supports de glissement. D'une façon générale, ces organes ont été considérablement renforcés et il existe aujourd'hui des constructions relativement satisfaisantes; mais, même pour les meilleures d'entre, elles on a éprouvé les inconvénients de la dislocation graduelle des assemblages,

dislocation qui se produit à la longue dans les mêmes conditions que pour les joints de rails et qui entraîne forcément des réparations coûteuses.

Aussi commence-t-on à employer sur une assez vaste échelle les aiguillages avec corps en acier au manganèse, fondus d'une pièce, tels qu'ils sont construits par la Lorain Steel Cº, les Aciéries d'Hadfield, du Creusot et de Krupp. Les flèches de ces aiguillages sont également

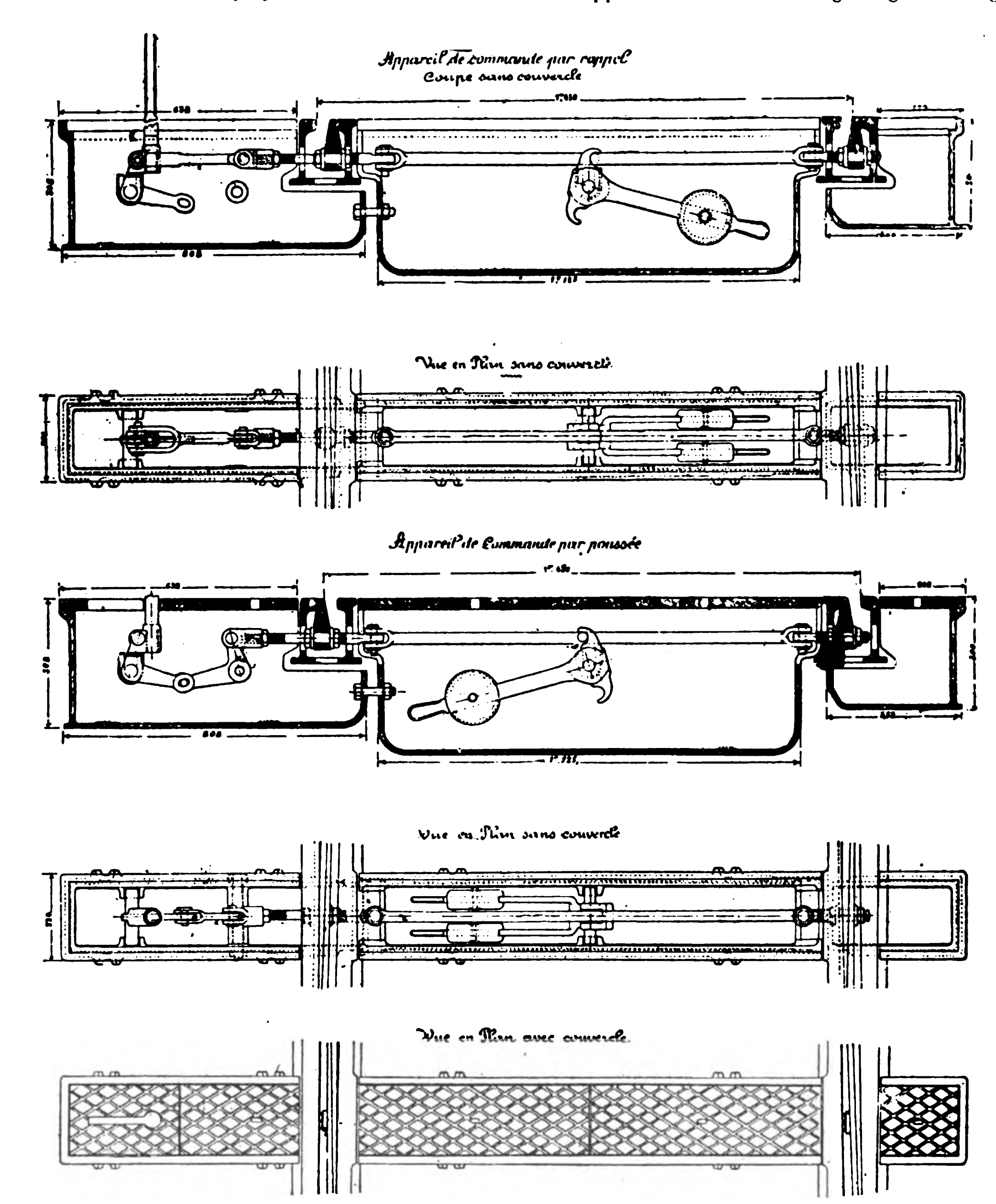


Fig. 27 à 31. — Boîtes de manœuvre pour aiguillage des tramways de Marseille.

en acier au manganèse; la ténacité de ce métal est considérable, à tel point qu'il ne peut être attaqué qu'à la meule. Les réseaux qui ont employé ces nouvelles constructions ont constaté que leur durée était très supérieure à celle des meilleurs aiguillages en rails assemblés, et, comme leur prix de revient est sensiblement le même, il est très probable que leur usage se répandra de plus en plus.

Pour ce qui concerne les cœurs et les croisements, leur construction a subi des perfectionnements analogues à ceux des aiguillages, notamment par l'emploi de fourrures démontables placées dans les gorges, et qui per-

mettent, en soutenant le boudin des roues, de ménager les points de cœur. Mais là encore on commence à donner la préférence aux pièces coulées en acier au manganèse, qui se comportent mieux que les cœurs en rails assemblés.

L'emploi de pièces spéciales amovibles en acier dur pour les parties plus particulièrement exposées à l'usure dans les aiguillages, cœurs et croisements en rails assemblés, a été réalisé d'une façon assez satisfaisante dans certaines constructions, mais ne s'est cependant pas généralisé, probablement en raison de la difficulté de réaliser un bon ajustage de ces pièces.

Drainage des voies. — L'utilité du drainage des voies semble être reconnue ajourd'hui, aussi trouve-t-on des appareils de drainage aux points bas des voies dans la plupart des réseaux.

Ces appareils, dont les dispositions sont assez variables, peuvent se subdiviser en deux classes, suivant que l'on utilise une boîte centrale recevant les eaux des deux rails de la voie ou que chaque rail est muni d'une boîte indépendante reliée directement à la canalisation allant à l'égout. La première de ces deux dispositions semble préférable, surtout dans le cas des voies fréquentées par un fort charroi, en raison de la plus grande solidité de la construction.

Dans plusieurs réseaux on a raccordé également à l'égout les boîtes centrales d'aiguillage; mais, comme ces boîtes participent en général aux chocs que subissent les aiguillages, il peut en résulter des inconvénients pour la solidité des canalisations de raccordement; aussi certains réseaux préfèrent-ils placer une boîte de drainage indépendante en amont des aiguilles.

Voies volantes. — L'usage des voies volantes est relativement peu répandu en France, notamment dans les réseaux qui n'ont pas d'infrastructure en béton, où les réparations peuvent généralement se faire sans interrompre le service sur les voies. Dans les réseaux qui emploient des voies volantes (Bordeaux, Paris), ces voies sont du type habituellement utilisé en Allemagne, qui semble donner toute satisfaction.

Pour permettre l'exécution de travaux peu importants, d'une durée de 8 à 10 heures, on se contente souvent de dévier le service par d'autres rues pendant les dernières heures du soir et les premières du matin.

Éclairage des chantiers. — La plupart des réseaux éclairent leurs chantiers de nuit au moyen de bouquets de lampes à incandescence, suspendus à la ligne aérienne au moyen d'une perche en bois; ce système est incontestablement le plus pratique.

Les appareils à acétylène donnent également satisfaction, lorsqu'on ne dispose pas la nuit de courant sur les lignes de trolley.

Outillage mécanique. — L'emploi d'un outillage mécanique pour les travaux d'entretien des voies ne semble pas encore très répandu et se borne, en général, aux perceuses et aux meules électriques, qui rendent évidemment de grands services. Il est à présumer cependant que l'on s'attachera de plus en plus à l'emploi d'un pareil outillage qui semble devoir procurer des économies notables.

Usure des voies et dépenses d'entretien. — Dans la plupart des réseaux, le cahier des charges impose au concessionnaire l'entretien des chaussées dans la zone occupée par les voies, l'entre-voie et les accotements de 35^{cm} à 50^{cm} de largeur.

Cette obligation est évidemment beaucoup moins justifiée aujourd'hui, avec la traction mécanique, que du temps de la traction animale, mais il paraît bien difficile de réagir contre ces dispositions consacrées par l'usage; tout au plus peut-on faire intervenir, lors de la discussion des redevances ou autres obligations imposées aux concessionnaires, les charges souvent importantes qu'elles représentent.

Il serait cependant de toute équité que des mesures de police rigoureuses fussent prises par les autorités en vue d'éviter, autant que possible, l'emprunt, sans nécessité absolue, de la zone du tramway par le charroi ordinaire, notamment dans le cas où cette zone seule est pavée, le reste de la chaussée étant simplement empierré. Malheureusement la législation actuelle, en France tout au moins, ne permet pas une réglementation de ce genre, les véhicules ordinaires n'étant tenus de quitter la voie qu'à l'approche d'un train.

L'usure des chaussées dans la zone des voies représente parfois des dépenses très importantes qui atteignent 2^{fr} et même 2^{fr},50 par mètre carré et par an dans certaines rues à circulation intensive et dans le cas de pavages de luxe, mais on ne voit aucun remède à cette situation que les concessionnaires sont obligés de subir bon gré mal gré.

Quant à l'usure de la voie ferrée proprement dite, on peut dire qu'elle n'est produite que dans une faible mesure par le charroi ordinaire, tout au moins dans le cas de constructions modernes avec rails à patin de grand profil.

Cette usure est donc sensiblement proportionnelle à l'intensité du service sur les voies, mais elle peut être influencée dans une certaine mesure par la vitesse, le poids et l'empattement des voitures, le profil en long, le freinage et la propreté des chaussées. Ces divers facteurs interviennent incontestablement, en vertu des principes élémentaires de la Mécanique, tant pour ce qui concerne la dislocation de l'infrastructure que pour l'usure proprement dite des rails, mais leurs effets sont tellement confondus qu'ils n'ont pu faire jusqu'ici l'objet d'une analyse détaillée.

Les moyens employés pour le contrôle de l'usure de rails sont assez variés; certains réseaux emploient le procédé du moulage au plâtre ou au plomb, d'autres des appareils permettant de déterminer l'usure par lecture directe. La figure 32 montre un gabarit à coulisse rentrant dans cette catégorie.

C'est sans doute principalement pour ce motif que les estimations relatives à la durée des voies diffèrent dans une si large mesure suivant les réseaux, et qu'il est à peu près impossible de formuler à cet égard des règles générales. Nous sommes fondés à croire toutefois que les estimations de durée données par les réseaux consultés sont, en général, plutôt modérées, et que les voies modernes, à la condtion d'être munies de bons joints et de faire l'objet d'un entretien soigné, conser-

veront une durée de service sensiblement supérieure à celle prévue, sauf dans les courbes et sur les points où se produit une usure ondulatoire.

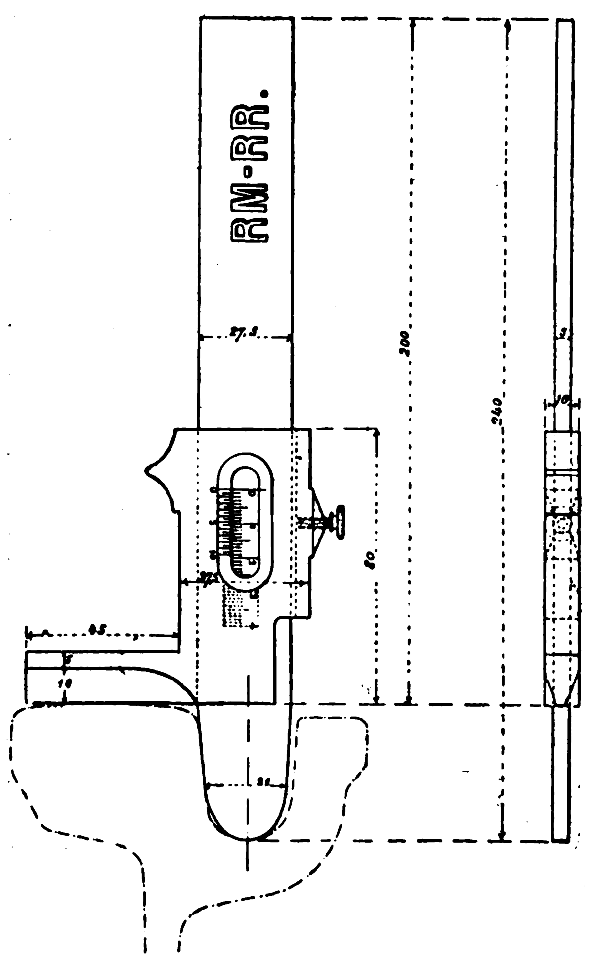


Fig. 32. — Gabarit à coulisse avec lecture directe à $\frac{1}{10}$ de millimètre pour mesure de l'usure du rail.

Le nettoyage soigné et le graissage fréquent des courbes sont sans doute les seuls moyens dont on dispose pour ralentir l'usure dans une certaine mesure; quant au remède à employer pour prévenir l'usure ondulatoire, il ne semble pas encore bien connu, pas plus d'ailleurs que la cause réelle de cette usure d'une nature particulière.

L'opinion la plus répandue est cependant que la cause principale de ce phénomène est la vibration du rail, qui suffit, en effet, à l'expliquer.

Lorsqu'une voiture circule librement sur une voie, aucune force tangentielle n'entre en jeu au point de contact de la roue avec le rail. Mais, aussitôt que l'on applique soit le courant, soit le frein, une force tangentielle, négative dans le premier cas, positive dans le second par rapport au sens de marche, naît au point de contact. Pour que les roues puissent continuer à se dérouler sans glissement, il est nécessaire qu'un certain degré d'adhérence existe entre roue et rail. Ce degré d'adhérence dépend du coefficient d'adhérence et de la pression.

Or, si l'on suppose le rail animé d'une vibration rapide, la pression spécifique et le degré d'adhérence au point de contact de la zone subiront forcément des variations proportionnelles à l'amplitude des vibrations du rail et de même fréquence que ces dernières. La force tangentielle au point de contact, positive ou négative, restant constante, les variations du degré d'adhérence peuvent alors se traduire par une accélération ou un ralentissement périodique de la vitesse angulaire de la roue, et, comme la masse de la voiture ne peut suivre instantanément ces variations, il doit se produire une succession de glissements dont la conséquence sera une usure ondulatoire du rail.

Effectivement, ce genre d'usure se constate très rarement sur des voies avec assise électrique, qui vibrent avec moins d'intensité.

Pour ce qui concerne les dépenses d'entretien des voies, les chiffres indiqués par les réseaux consultés comportent de tels écarts qu'il nous semble bien difficile d'en tirer des moyennes de quelque utilité. Ces écarts se justifient d'ailleurs par les conditions locales très différentes suivant les réseaux, notamment pour ce qui concerne la nature des chaussées, l'importance du charroi et les exigences des autorités, facteurs dont il n'est pas fait mention dans les réponses, qui présentent néanmoins un certain intérêt au point de vue comparatif.

D'une façon générale, on peut affirmer que les dépenses d'entretien des voies se maintiennent dans des limites raisonnables, et entrent pour une part relativement modérée dans les dépenses totales d'exploitation; elles sont d'ailleurs susceptibles de diminuer encore au fur et à mesure des perfectionnements apportés à la construction pour lesquels il reste encore un vaste champ d'application, malgré les progrès très réels réalisés jusqu'à ce jour.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : BRAGSTAD. BP. 26689, 1905 (distribution électrique pour chemins de fer). — LEMP. USAP. 825225 et 825276, 14 janvier 1904 et 24 janvier 1906 (automobile avec moteur à explosion commandant une dynamo). — MITCHELL et DOLTER ELECTRIC TRACTION LIMITED. BP. 24962, 1905 (traction électrique). — PRENTISS. BP. 19504, 1905 (traction électrique). — PRIEST. USAP. 823968 et 823969, 28 janvier 1905 (locomotive électrique). — SAYER. USAP. 825215, 27 janvier 1904 (système de traction). — SIEMENS-SCHUCKERT. BP. 9846, 1906 (traction par courant monophasé). — VEDRINE et DE QUELEN. BP. 21659, 1905 (automobiles électriques).

Prises de courant : *Trôlet :* ALDWORT, CROSTA et BOOT. BP. 25811, 1905. — BUNN. USAP. 825299, 19 janvier 1905. — HEWER. BP. 19746, 1905 (roulette). — MANGOLD. USAP. 825142, 10 novembre 1905. — TETLOW. USAP. 824833 et 824834, 7 novembre 1904 et 19 avril 1905. — WALKER. USAP. 825781, 9 septembre 1905. — WILSON. USAP. 825501, 17 janvier 1905 (roulette).

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

DOCUMENTS OFFICIELS.

Commission chargée d'élaborer les règlements relatifs à la loi sur les distributions d'énergie. — Le Ministre des Travaux publics a, par décision du 9 octobre, institué une Commission chargée d'élaborer les règlements d'administration publique prévus par la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique, loi dont le texte a été publié ici (t. VI, 15 juillet 1906, p. 29). Cette Commission est constituée comme il suit :

MM. Alfred Picard, président de la Section des Travaux publics du Conseil d'État, président;

Colson, conseiller d'État ;

Rousseau, maître des requêtes au Conseil d'État ;

Bruman, directeur de l'administration départementale et communale au Ministère de l'Intérieur ;

Estaunié, directeur du matériel et de la construction à l'administration des Postes et Télégraphes ;

Dabat, directeur de l'hydraulique et des améliorations agricoles au Ministère de l'Agriculture ;

Charguéraud, directeur des routes, de la navigation et des mines au Ministère des Travaux publics ;

Taché, administrateur à la direction générale de l'enregistrement, des domaines et du timbre au Ministère des Finances ;

Lévy, inspecteur général des Ponts et Chaussées ;

Monmerqué, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ;

Girousse, ingénieur des Postes et Télégraphes ;

Guillebot de Nerville, ingénieur des Postes et Télégraphes, professeur-adjoint d'électricité à l'École des Ponts et Chaussées ;

Guillain, président du Conseil d'administration de la Compagnie française pour l'exploitation des brevets Thomson-Houston ;

Hippolyte Fontaine, ingénieur-électricien, administrateur des ateliers des machines Gramme ;

Albert Sartiaux, ingénieur en chef de l'exploitation des chemins de fer du Nord ;

Harlé, de la maison Sautter-Harlé et Cie ;

Cordier, directeur général de la Société « Énergie électrique du littoral méditerranéen » ;

Picou, ingénieur des Arts et Manufactures ;

Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage de la ville de Paris ;

Carcassonne, chef de bureau au Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.

Commission chargée d'étudier la responsabilité des accidents survenus dans les écoles d'enseignement technique et dans les autres établissements d'enseignement. — Lorsqu'un accident survient dans un établissement d'enseignement pendant un exercice pratique, à qui incombe la responsabilité de l'accident? C'est là une question importante pour tous les membres de l'enseignement technique et même de ceux de l'enseignement secondaire, aujourd'hui que les exercices pratiques de physique et de chimie sont imposés par les programmes. Longtemps négligée, elle est revenue à l'ordre du jour à la suite de la promulgation de la loi sur les accidents du travail. Dans certains établissements particuliers on a tourné la difficulté en assurant les élèves contre les accidents à des Compagnies d'assurances. Mais, dans les établissements d'instruction appartenant à l'État, en raison de cette thèse que l'État est son propre assureur, rien de semblable n'a été fait, et, bien qu'il ait été dit que l'État prendrait à son compte les conséquences financières des accidents pouvant survenir aux élèves, aucun texte ne règle encore les conditions dans lesquelles l'État assumera cette responsabilité ; des précédents font même craindre que le plus souvent l'État ne la décline. Aussi la décision suivante, prise récemment par le Ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail, sera-t-elle bien accueillie des intéressés :

Le Ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail, vu la loi du 9 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

Vu l'arrêté ministériel du 26 janvier 1903 instituant au Ministère du Commerce une Commission chargée d'étudier les difficultés relatives à l'application de la loi susvisée du 9 avril 1898, aux accidents du travail survenus dans les établissements pénitentiaires ou dans les établissements hospitaliers ;

Vu le vœu final émis par ladite Commission en vue de l'étude de la question des responsabilités des accidents du travail dans les écoles d'enseignement technique et dans les autres établissements d'instruction ;

Vu la correspondance échangée avec le Ministre de l'Instruction pnblique, des Beaux-Arts et des Cultes, le Ministre de l'Intérieur, le Ministre de l'Agriculture et le Ministre des Finances;

Sur la proposition du Directeur de l'Assurance et de la Prévoyance sociale,

Arrête :

ART. 1er. — Il est institué au Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail, une Commission chargée d'étudier la question de la responsabilité des accidents survenus dans les écoles d'enseignement technique et dans les autres établissements d'instruction.

ART. 2. — Elle sera composée de 15 membres : 5 membres du Parlement ; le Directeur de l'Assurance et de la Prévoyance sociale au Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail; un membre du Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail, désigné par le Ministre du Commerce ; le Directeur de l'Enseignement technique au Ministère du Commerce ; un représentant de l'enseignement primaire, un de l'enseignement secondaire, un de l'enseignement supérieur, désignés par le Ministre de l'Instruction publique ; un représentant du service hospitalier et un représentant du service pénitentiaire, désignés par le Ministre de l'Intérieur; un membre désigné par le Ministre de l'Agriculture ; un membre désigné par le Ministre des Finances.

ART. 3. — Cette Commission comprendra, sous la présidence de M. Millerand, député, ancien Ministre du Commerce :

MM. Monis, sénateur ; Cruppi, député ; Pierre Dupuy, député ; Henri Michel, député ; Georges Paulet, directeur de l'Assurance et de la Prévoyance sociale ; Ch. Lyon-Caen, membre de l'Institut, membre du Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail ; Louis Bouquet, directeur de l'Enseignement technique ; Gasquet, directeur de l'Enseignement primaire ; Mollet, chef de bureau à la direction de l'Enseignement secondaire ; Werwaert, chef de bureau à la direction de l'Enseignement supérieur ; Grimanelli, directeur de l'Administration pénitentiaire, ou en son absence M. Martin, chef de bureau ; Collignon, directeur de l'Institut national des sourds-muets ; Mamelle, sous-directeur de l'Agriculture ; Delatour, directeur général de la Caisse des dépôts et consignations.

ART. 4. — M. Rossy, commissaire contrôleur des sociétés d'assurances contre les accidents du travail, remplira les fonctions de secrétaire de la Commission.

INFORMATIONS DIVERSES.

Distribution. — PROJET DE TRANSMISSION DES FORCES MOTRICES DU RHÔNE. — La Commission chargée par le Conseil municipal de l'étude de ce projet, qui a été exposé récemment dans cette *Revue* (t. V, 15 juin 1906, p. 342-350), s'est rendue en Suisse au début de ce mois; elle a visité les installations électriques de Genève, ainsi que la transmission électrique de Saint-Maurice à Lausanne qui, comme on sait, est faite par courant continu. Cette Commission, formée de MM. Félix Roussel, Evain et Dausset, conseillers municipaux, était accompagnée de M. Lauriol, ingénieur de la Ville, et de M. Mahl, promoteur du projet.

Traction. — LES LIGNES A TRÔLET DANS PARIS. — Le *Temps* du 4 novembre publiait à ce propos les réflexions suivantes :

On va reparler du trôlet au Conseil municipal, à propos de la suppression, toujours attendue, du fil aérien dans les rues de Réaumur et du 4-Septembre.

La Ville de Paris se trouve, à ce sujet, dans un cruel embarras. Lorsque, pour les besoins de la construction du Métropolitain, on défonça les sous-sols des deux rues dont il s'agit, il fallut substituer au mode de traction électrique par « plots », le système par « trôlet »; mais on convint expressément que cette substitution serait provisoire, et qu'aussitôt le Métro construit, on reviendrait au *statu quo ante* aux frais de la Ville.

C'est pour cela que l'an dernier, le Conseil municipal vota un crédit de 530000fr pour la remise en état des voies du tramway et un autre crédit de 400000fr pour la réfection des chaussées et trottoirs. Les habitants des quartiers de la Bourse et du Sentier purent alors espérer voir disparaître dans un délai assez court les fondrières de la rue Réaumur et de la rue du 4-Septembre.

Vain espoir! La Compagnie exploitant les lignes de tramways demanda pour exécuter les travaux 965000fr, alors que la Ville en avait proposé 530000; puis elle adressa à la Ville un mémoire réclamant 4268000fr pour les dommages de tous genres que lui avait causés la construction du Métropolitain.

Il devenait difficile de s'entendre, et le Préfet de la Seine se demanda alors s'il ne conviendrait pas d'exécuter les travaux d'office plutôt que d'accepter de telles exigences.

Malheureusement, la Compagnie annonçait son intention de s'opposer à l'exécution des travaux par la Ville. D'autre part, la jurisprudence du Conseil d'Etat en matière de contestations entre municipalités et compagnies concessionnaires ne laissait à la Ville que peu d'espoir d'obtenir gain de cause devant les tribunaux. Le Préfet donc conseille d'en finir, et de voter à la Compagnie un crédit d'un million à la condition qu'elle substituera à la traction par « plots » la traction souterraine, au moyen d'un caniveau.

Si cette solution est adoptée, le trôlet sera supprimé dans sept ou huit mois rue du 4-Septembre et rue Réaumur.

Cette décision toutefois aura ses inconvénients. Si en effet on construit un caniveau de la place de l'Opéra à l'avenue de la République, on rendra définitif l'emploi du trôlet de la place de la République jusqu'aux fortifications; car il est impossible d'équiper les voitures à la fois pour la traction par caniveau et pour la traction par « plots », et la Compagnie ne peut faire les frais de l'installation du caniveau sur toute la ligne.

Or, le Conseil municipal n'a voulu jusqu'à présent du trôlet que jusqu'aux boulevards extérieurs. Et c'est pourquoi la question soulèvera encore bien des discussions.

Télégraphie. — ESSAIS DU SYSTÈME MURRAY EN RUSSIE. — Le système imprimeur Murray, qui est actuellement employé en Angleterre entre Londres et Edimbourg et Londres et Dublin, en Allemagne entre Hambourg et Berlin, en Autriche entre Vienne et Prague et aux Indes entre Calcutta et Bombay, vient d'être l'objet de divers essais en Russie. Les uns furent faits entre Saint-Pétersbourg et Moscou sur une ligne longue de 1700km, formée d'un fil de fer de 5mm de diamètre et comprenant deux stations intermédiaires; avec le système Wheatstone et le code Morse, la vitesse de transmission était de 55 mots par minute; avec le système Murray et le code Baudot, on obtint 90 mots par minute. D'autres essais furent effectués sur une ligne de 3082km de longueur totale, avec trois postes intermédiaires; la vitesse atteignit 56 mots par minute, alors qu'elle n'était que de 35 à 40 avec le système actuel. Sur une ligne directe Pétersbourg-Moscou, de 1280km, sans poste intermédiaire, présentant une résistance de 7100 ohms, on transmit, avec une batterie de 140 volts et un courant de 13 milliampères, 63 mots par minute, alors qu'avec le système actuel on n'en transmet que 33. Enfin des essais entrepris entre Saint-Pétersbourg et Berlin avec une ligne en fer de 5mm sur le territoire russe et cuivre de 3mm sur le territoire allemand donnèrent également d'excellents résultats.

CABLE GERMANO-NORVÉGIEN. — Par suite de l'augmentation continue des relations télégraphiques entre l'Allemagne et la Norvège, les administrations des deux pays décidèrent la pose d'un nouveau câble télégraphique entre Cuxhaven et Arcudal, destiné principalement à la transmission des messages entre Hambourg et Christiania. Ce câble, d'une longueur de 409 milles, a été posé sans incident au commencement de septembre par le *Stephan*.

Tome VI. **N° 70. — 30 novembre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

GÉNÉRALITÉS.

La séparation des puissances réelle et magnétisante dans les calculs relatifs aux courants alternatifs. — J'ai déjà appelé à plusieurs reprises l'attention des intéressés sur les grands avantages qui résultent, pour la commodité des calculs concernant les courants alternatifs, de l'emploi de la méthode basée sur la séparation des puissances réelle et magnétisante [1]. Bien qu'en vérité la méthode en question n'ait pas encore eu le succès auquel elle aurait droit par elle-même, en dehors de toute considération de personnes, j'ai eu la satisfaction de constater que mes efforts n'avaient pas été vains. Indépendamment de celles qui, à ma connaissance, en ont fait usage pour leurs besoins industriels, quelques personnes ont apporté à la question des développements nouveaux. M. Swyngedauw a étendu la propriété fondamentale sur laquelle repose l'application de la méthode au cas, plus général que celui des courants sinusoïdaux, des courants symétriques [1]. M. Nouguier, dans une étude qui réunit bien des qualités [2], a, entre autres choses intéressantes, étudié le report des puissances réelle et magnétisante d'un réseau à un autre.

Je reviens à la charge encore une fois, convaincu que cette méthode peut rendre les plus grands services, non seulement pour les calculs de réseaux, canalisations, etc., qui intéressent les ingénieurs exploitants, mais encore pour le calcul des appareils, machines, etc., qui occupent les ingénieurs constructeurs.

Par elle on arrivera à se débarrasser de toutes ces

(1) *Sur la puissance virtuelle dans les reseaux à courants alternatifs* (*Procès-verbaux du Congrès international d'Électricité* de 1900, p. 423).

(Il y a dans ce Mémoire quelques erreurs de chiffres qui proviennent d'une confusion entre deux exemples, que j'ai faite en recopiant l'un d'eux, mais la correction de ces erreurs est des plus faciles); *Bulletin de la Société des Électriciens,* année 1901, p. 610.

(1) *Sur une généralisation d'un théorème de M. Boucherot* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* 15 juin 1903).

(2) *Étude des installations à courants alternatifs par la méthode des grandeurs wattées et magnétisantes* (*Éclairage électrique,* n°s 16, 17, 18 et 19, de 1906).

formules, pleines de mystères pour la raison, et, partant, pleines de dangers dans l'application, du calcul par les imaginaires; par elle on évitera la règle, l'équerre, le compas et la table de logarithmes nécessaires à l'application des méthodes graphiques, souvent inapplicables, toujours encombrantes pour la mémoire; avec cette méthode d'une technique générale et uniforme, rien que des calculs faciles et clairs, de simples opérations d'arithmétique, faisables dans des conditions de confortable quelconques, sans perdre de vue un seul instant la réalité des choses.

Je dis qu'elle emportera toutes les autres, au moins en ce qui concerne les besoins industriels; peut-être sera-t-il nécessaire pour cela qu'elle fasse au préalable un retour d'Allemagne ou d'Amérique; peu importe! souhaitons cependant que ses qualités propres lui suffisent pour s'imposer à nos écoles nationales.

Espérant faire de nouveaux convaincus, je prendrai aujourd'hui deux exemples de natures différentes et susceptibles d'éveiller l'attention des deux catégories d'ingénieurs électriciens auxquelles j'ai fait allusion plus haut.

Pour les exploitants :

La méthode repose sur la conservation de la puissance magnétisante et de la puissance réelle. Je dois dire ici que la démonstration que j'ai donnée de ce fait au Congrès de 1900 n'est pas absolument générale; j'en donne depuis une démonstration générale dans les conférences que je fais tous les ans à l'École supérieure d'Électricité, mais il me paraît de peu d'intérêt de reproduire cette démonstration ici, eu égard au peu de place dont je dispose.

Il suffit de se rappeler que les puissances réelles s'ajoutent algébriquement, qu'il en est de même des puissances magnétisantes et qu'en chaque portion d'un réseau la puissance apparente est la racine carrée de la somme des carrés des puissances réelle et magnétisante.

Je pourrais prendre l'exemple banal d'un réseau quelconque comportant des lampes, des moteurs, etc., ainsi que je l'ai fait précédemment, mais, dans le but d'accroître l'intérêt de la question pour le lecteur, j'appliquerai la méthode à l'un des deux montages que j'ai indiqués en 1890 comme permettant d'obtenir une intensité constante au moyen d'une distribution à tension constante, par exemple celui de la figure 1.

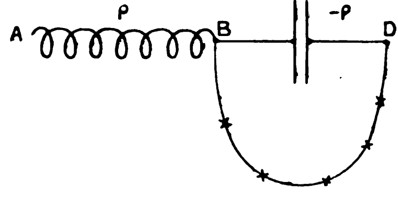


Fig. 1.

Entre A et B est une bobine de self-induction que nous supposerons pour simplifier n'absorbant aucune énergie, de réactance ρ $\left(\rho = \omega L\text{, si L est son coefficient de self-induction et } \omega = \frac{2\pi}{T}\right)$.

Entre B et D est une capacité C, que nous supposerons également n'absorbant aucune énergie, telle que sa réactance soit $-\rho$

$$\left(\text{d'où } \frac{1}{\omega C} = \rho \qquad \text{et} \qquad \omega^2 LC = 1\right).$$

Entre B et D se trouve également dérivé un circuit d'utilisation contenant n'importe quoi, pourvu que ce n'importe quoi n'introduise pas d'harmoniques sensibles dans la force électromotrice ou le courant.

Soient :

i l'intensité efficace dans ce circuit;

p la puissance réelle absorbée par ce circuit;

m la puissance magnétisante absorbée par ce circuit;

e la différence de potentiel efficace aux bornes de ce circuit;

i' l'intensité efficace dans la capacité;

I l'intensité efficace dans la self-induction AB;

E la différence de potentiel efficace entre A et D.

Dans la self-induction et dans la capacité, il n'y a pas de puissance réelle et les puissances magnétisantes sont respectivement

$$\rho I^2 \qquad \text{et} \qquad -\rho i'^2 = -\frac{e^2}{\rho}.$$

L'application des prémisses conduit aux trois équations suivantes :

Pour le circuit d'utilisation considéré seul

$$(1) \qquad p^2 + m^2 = e^2 i^2.$$

Pour les deux circuits dérivés entre B et D

$$(2) \qquad p^2 + \left(m - \frac{e^2}{\rho}\right)^2 = e^2 I^2.$$

Pour l'ensemble

$$(3) \qquad p^2 + \left(m - \frac{e^2}{\rho} + \rho I^2\right)^2 = E^2 I^2.$$

Développant (3) et combinant avec (2), il vient

$$E^2 = e^2 + (\rho I)^2 + 2\rho\left(m - \frac{e^2}{\rho}\right).$$

Développant (2) et combinant avec (1), il vient

$$\rho^2 I^2 = \rho^2 i^2 + e^2 - 2 m \rho.$$

Combinant ces deux dernières équations, il vient

$$E = \rho\, i. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

On peut déduire immédiatement les courants i' et I, la tension aux bornes de la self-induction, etc., et ces résultats sont obtenus sans qu'il ait été besoin d'utiliser les équations aux valeurs instantanées.

En général, les calculs numériques concernant un réseau ordinaire sont encore plus simples : il suffit de cheminer de proche en proche des appareils d'utilisation jusqu'à la source en faisant des additions, soustractions, multiplications, divisions, carrés et racines carrées (*voir* à ce sujet les articles déjà cités).

Pour les constructeurs :

Afin de pouvoir appliquer la méthode aux appareils doués de mutuelle induction et en passant de circuits à d'autres circuits isolés des premiers, il faut démontrer qu'il y a encore conservation des puissances dans ces conditions. Cela est facile et je ne m'attarderai pas non plus à faire ici cette démonstration, renvoyant les lecteurs désireux de la connaître à l'étude de M. Nouguier déjà citée.

La méthode permet ainsi d'utiliser ses qualités si précieuses au calcul des appareils à courants alternatifs : transformateurs, alternateurs, moteurs. Pour les alternateurs et moteurs il est nécessaire d'entrer dans certains développements nouveaux, afin de tenir compte du travail mécanique développé ou absorbé, et ceci fera l'objet de publications ultérieures. Je me bornerai aujourd'hui à montrer comment la méthode peut être utilisée au calcul de la chute de tension dans un transformateur en charge en tenant compte des fuites magnétiques, c'est-à-dire substituée aux méthodes graphiques de Kapp ou autres permettant la solution de ce problème.

De quelque manière que le problème soit traité il faut connaître les fuites magnétiques pour le primaire et pour le secondaire. Ces fuites connues, il est facile d'en déduire les forces contre-électromotrices développées par elles dans les circuits primaire et secondaire, forces contre-électromotrices, qui sont en quadrature avec les courants. Dans les méthodes graphiques auxquelles je viens de faire allusion, on introduit alors ces forces contre-électromotrices avec leurs phases et l'on procède à la construction. Ici, il faut multiplier les forces contre-électromotrices par les courants respectifs pour en déduire les puissances magnétisantes primaires et secondaires perdues dans l'appareil, indépendamment de celle perdue à la magnétisation du circuit magnétique commun aux deux circuits et qui se calcule encore plus facilement.

Soient alors :

P_2 la puissance réelle que débite le secondaire;

M_2 la puissance magnétisante que débite le secondaire;

r_2 la résistance du secondaire;

ρ_2 la réactance de fuites du secondaire calculée comme il vient d'être dit ($\rho_2 I_2^2 =$ perte de puissance magnétisante secondaire);

I_2 le courant secondaire.

On a alors, pour la puissance réelle totale du secondaire,

$$P_2 + r_2 I_2^2 = P'_2$$

et, pour la puissance magnétisante totale du secondaire,

$$M_2 + \rho_2 I_2^2 = M'_2.$$

De sorte que la puissance apparente totale du secondaire est

$$\sqrt{P'^2_2 + M'^2_2} = A_2.$$

La force électromotrice secondaire est alors

$$\frac{A_2}{I_2} = E'_2.$$

Par le rapport du nombre de spires il est facile de passer à la force électromotrice primaire E'_1.

Si p_f est la puissance réelle perdue dans le fer et m_f la puissance magnétisante nécessaire à la formation du flux dans le fer du transformateur, on a

$$\frac{\sqrt{(P'_2 + p_f)^2 + (M_2 + m_f)^2}}{E'_1} = I_1$$

courant primaire.

Si l'on a encore :

r_1 résistance du primaire;

ρ_1 réactance de fuites du primaire ($\rho_1 I_1^2 =$ perte), la puissance réelle aux bornes du primaire est

$$P_1 = P'_2 + p_f + r_1 I_1^2;$$

la puissance magnétisante aux bornes du primaire est

$$M_1 = M'_2 + m_f + \rho_1 I_1^2.$$

De sorte que la puissance apparente aux bornes du primaire est

$$\sqrt{P_1^2 + M_1^2} = A_1$$

et la tension aux bornes du primaire

$$\frac{A_1}{I_1} = E_1.$$

Ce calcul fait une fois en donnant à P_2 et M_2 des valeurs nulles, une autre fois en donnant à P_2 et M_2

leurs valeurs respectives en charge, donne deux valeurs de E_1 : celles que E_1 devrait avoir à vide et en charge pour que E_2 soit invariable. Le rapport de ces deux valeurs diffère extrêmement peu du rapport entre les différences de potentiel aux bornes du secondaire à vide et en charge; il lui est pratiquement égal. P. BOUCHEROT.

DYNAMOS.

Réalisation d'une bonne commutation dans les dynamos modernes à courant continu. — Nous nous proposons, dans cette courte étude, dépourvue de tout développement mathématique, de résumer et discuter les procédés actuellement employés pour la réalisation d'une bonne commutation, c'est-à-dire pour la suppression des étincelles au collecteur, dans les différents types de dynamos, tant génératrices que réceptrices.

Rappelons d'abord les principes généraux concernant la commutation.

Considérons l'induit d'une génératrice (*fig.* 1),

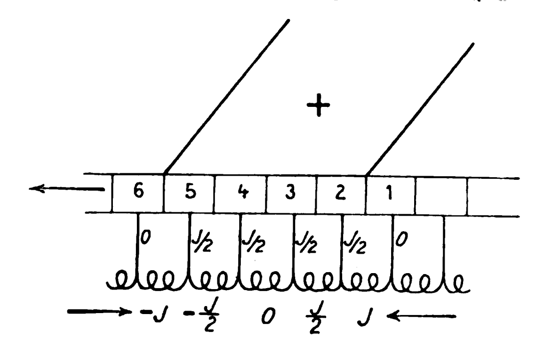


Fig. 1. — Courants dans la commutation à densité constante.

avec son collecteur développé et un balai positif couvrant, par exemple, 4 lames. Soit 2J le courant capté par le balai.

Supposons un instant que l'induit soit immobile, dans la position de la figure 1, et admettons d'abord que les résistances des sections et des connexions aux lames soient négligeables par rapport à la résistance de contact des lames et du balai. Le courant se répartira également entre les 4 lames, à raison d'un quart, soit $\frac{J}{2}$, par lame; les sections de l'induit, autres que les sections 2 — 3, 3 — 4 et 4 — 5, sont parcourues par un courant J se dirigeant vers le balai; mais il n'en est plus de même des trois sections 2 — 3, 3 — 4 et 4 — 5, qui sont en commutation; en allant de droite à gauche, dans le sens de la flèche, on voit que le courant, dans la section 2 — 3 est diminué de la quantité, qui s'écoule par la lame 2 et est égal à $J - \frac{J}{2}$ ou $\frac{J}{2}$; dans la section 3 — 4, il est nul et, dans 4 — 5, il a changé de signe et pris la valeur $-\frac{J}{2}$. Déplaçons maintenant le collecteur lentement sous le balai, dans le sens de la flèche, la seule résistance à vaincre pour le courant étant la résistance de contact, le courant se partagera entre les lames proportionnellement à la *conductance de contact,* c'est-à-dire à la surface couverte par le balai : la *densité* de courant restera *constante.* De même, si l'on suit la loi de variation du courant dans une section, par exemple, dans la section 1 — 2, on voit que l'intensité d'abord égale à $\frac{J}{2}$ diminue progressivement de la fraction qui s'écoule par la lame 1, puis plus tard par les lames suivantes, et varie *linéairement* de $+\frac{J}{2}$ à $-\frac{J}{2}$, dans le temps T pendant lequel l'arête 1 — 2 franchit le balai, en passant par 0 quand cette arête 1 — 2 se trouve exactement au milieu du balai. Aucune étincelle n'est à craindre, puisque la densité de courant reste constante pour chaque lame et que par suite il n'y a pas coupure brusque d'un courant dans la lame qui quitte le balai.

Il en serait de même, en fonctionnement à la vitesse normale, si la self-induction d'une section était *négligeable.* Mais ce n'est jamais le cas, et la self-induction retarde la variation du courant dans chaque section; le courant diminue plus lentement d'abord et l'intensité dans la lame arrière de la section est affaiblie de ce fait; la densité de courant n'est plus uniforme sous le balai et va en augmentant dans le sens de la rotation et, en particulier, sous la lame qui se prépare à quitter le balai, la densité atteint une valeur plus ou moins grande, suivant l'importance relative de la force électromotrice de self-iduction dans la section et de la résistance de contact entre lame et balai. La résistance de contact joue ici heureusement un rôle régulateur fort important : lorsque la densité de courant devient différente sous les deux lames d'une section, plus grande pour la lame avant que pour la lame arrière, la chute de tension qui en résulte ne dépendant que de cette densité, devient inégale dans les deux lames, et la différence des deux chutes crée une différence de potentiel, dirigée en sens inverse de la force électromotrice de self-induction et tendant par suite à favoriser la variation du courant dans la section, à diminuer l'irrégularité de répartition des densités et finalement à affaiblir la densité sous la lame prête à quitter le balai. Tant que la force électromotrice de self-induction n'est pas trop forte, pourvu que la résistance de contact soit assez grande, la densité finale dans la lame reste *modérée,* et la commutation, quoique *n'ayant plus lieu*

à densité constante, se fait encore sans étincelles.

M. le professeur Arnold a démontré que la condition à réaliser, pour obtenir par ce procédé une bonne commutation, pouvait se mettre sous la forme

$$\rho \frac{T}{L} > 1,$$

où ρ désigne la résistance de contact d'une ligne de balais et du collecteur, T la durée de commutation en secondes, et L le coefficient d'induction de la section ([1]).

Mais, dans la lutte contre le retard de variation du courant d'une section, retard occasionné par la self-induction, au lieu d'utiliser la différence de potentiel créée par l'inégalité de densité sous les deux lames d'une section, on peut recourir à une force électromotrice auxiliaire ou force électromotrice de commutation ε_c et revenir à la densité constante par un choix convenable de cette force électromotrice. Quand la variation de courant se fait linéairement dans la section, la force électromotrice de self-induction, résultant d'une variation de $+$ J à $-$ J dans un temps T, est $\frac{2LJ}{T}$; on a donné à cette force électromotrice ε_r le nom de *tension de réactance* et la force électromotrice de commutation à appliquer est égale et opposée à cette tension de réactance.

Si l'on applique une force électromotrice de commutation ε_c trop grande, $\varepsilon_c > \varepsilon_r$, l'inversion du courant dans la section, s'exécutant un peu trop rapidement, se trouve terminée avant la sortie de la lame et la densité de courant est inversée à la fin de la commutation; mais le fonctionnement est encore bon, tant que cette densité inversée reste modérée à la limite.

Inversement, si le champ dans la section donne naissance à une force électromotrice ε_c, dans le même sens que la force électromotrice de self-induction, c'est-à-dire dans un sens défavorable, les actions de ces deux forces électromotrices s'ajoutent pour retarder la variation du courant et la densité finale en sera fortement augmentée; une commutation convenable n'est possible que si la somme des deux termes ε_c et ε_r est petite et la chute ohmique ε_b suffisamment forte.

Le principe général de la commutation étant connu, voyons maintenant comment on réalise dans la pratique ces diverses conditions, dans les différents types de dynamos.

GÉNÉRATRICES ET RÉCEPTRICES A VITESSE NORMALE. — Au début de la construction des dynamos, on employait des balais métalliques présentant une faible résistance de contact avec le collecteur; d'autre part, les induits comportaient un nombre relativement grand de spires et les collecteurs un faible nombre de lames, et la tension de réactance, qui, proportionnelle au coefficient d'induction, varie comme le carré du nombre de spires de la section, était en général très élevée et fort loin de la condition d'Arnold $\varepsilon_r < \varepsilon_b$, d'autant plus que, pour les balais de cuivre, ε_b était très faible. Aussi, pour réaliser une commutation satisfaisante, était-on obligé d'avoir recours à une force électromotrice de commutation, qu'on obtenait en décalant les balais d'une quantité convenable, en avant pour les génératrices et en arrière pour les réceptrices, à partir de la ligne neutre dans le sens de rotation.

La force électromotrice de commutation devant croître proportionnellement au courant (comme ε_r), on était contraint d'augmenter le décalage des balais avec la charge. Il en résultait deux graves inconvénients :

1° Pour les dynamos fonctionnant sous charge variable, une surveillance de tous les instants était nécessaire pour régler continuellement les balais, sous peine d'une grosse production d'étincelles et d'une usure extrêmement rapide du collecteur;

2° Comme on le sait, les ampères-tours de l'induit, compris dans le double de l'angle de calage, exercent sur l'inducteur une action directement démagnétisante et la chute de tension des dynamos de ce type augmentait très rapidement avec le courant, puisque le nombre de spires *antagonistes* et le courant dans ces spires croissaient en même temps.

Dans les dynamos modernes, pour éviter ce double inconvénient, on cale les balais dans la ligne neutre *théorique* et l'on réalise une bonne commutation par l'emploi combiné de balais de charbon à résistance de contact plus élevée que pour les balais de cuivre et d'une faible tension de réactance, obtenue en diminuant le nombre de spires par section et multipliant le nombre de lames du collecteur. L'augmentation de largeur des balais permet bien d'accroître la durée T de la commutation; mais alors plusieurs sections sont commutées en même temps et réagissent les unes sur les autres, ce qui provoque une augmentation de la tension de réactance qui neu-

([1]) On peut mettre l'inégalité d'Arnold sous une autre forme, plus significative; désignons par ε_r la tension de réactance, par ε_b la chute ohmique aux balais à densité constante, on a

$$\varepsilon_r = \frac{2LJ}{T}, \qquad \varepsilon_b = 2\rho J;$$

en multipliant les deux termes de l'inégalité d'Arnold par $\frac{2LJ}{T}$, il vient

$$\varepsilon_r < \varepsilon_b :$$

la tension de réactance doit être plus petite que la chute ohmique aux balais.

tralise en partie la diminution résultant de l'accroissement de la durée T.

Avec les balais métalliques, ε_b se tenait aux environs de 0,3 volt; les balais de charbon conduisent à $\varepsilon_b = 1,5$ volt environ et permettent de tolérer des tensions de réactance supérieures à 1 volt.

Dans ces conditions, la commutation s'effectue d'une façon satisfaisante, sans l'utilisation d'aucune force électromotrice auxiliaire, les balais étant calés dans la ligne neutre théorique.

En réalité, pour cette position des balais, le champ n'est pas absolument nul dans les sections en commutation; car, par suite de la réaction de l'induit sur l'inducteur, le champ résultant est tordu et la ligne neutre vraie déplacée vers l'avant dans le sens du mouvement, pour une génératrice : une force électromotrice, d'ailleurs faible en général, est induite dans la section, dans un sens défavorable pour la commutation.

La réaction d'induit joue donc un rôle dans la commutation, par le fait de la distorsion du champ, et, si les ampères-tours de l'induit sont importants par rapport à ceux de l'inducteur, la distorsion peut devenir assez forte pour que la force électromotrice, induite dans le sens défavorable dans la section commutée, rende le fonctionnement mauvais. C'est à ce point de vue qu'interviennent dans la commutation les ampères-tours de l'induit et ceux de l'inducteur, ou mieux leur rapport; autrement la tension de réactance ne dépend pas du nombre total de spires de l'induit, mais du nombre de spires par section et reste constante quand on augmente dans le même rapport le nombre de spires de l'induit et le nombre de lames du collecteur. De même, une forte saturation des dents de l'induit exerce une influence favorable, par suite de la diminution de distorsion qui en résulte, mais non directement, car, au moment de la commutation, ce n'est pas le flux principal qui passe par les dents, mais seulement le flux engendré par le courant commuté, lequel est en général beaucoup trop faible pour porter les dents à la saturation.

Les dynamos modernes, à balais de charbon calés dans la ligne neutre, à forte induction, ont une chute de tension très faible et demandent peu de surveillance; le collecteur, protégé par l'action réductrice du charbon, dure très longtemps; mais la matière y est médiocrement utilisée et le collecteur coûte cher à établir, particulièrement dans les dynamos à tension relativement basse où ce collecteur doit être fortement allongé, pour tenir compte des pertes supplémentaires introduites par les balais de charbon.

Emploi des pôles auxiliaires. — La commutation par faible tension de réactance cesse d'être possible dans deux cas principaux : moteurs shunt à vitesse variable dans de larges limites et génératrices à grande vitesse, telles que les dynamos accouplées à des turbines à vapeur.

Étudions d'abord le cas du moteur shunt à forte variation de vitesse.

Pour obtenir une machine susceptible de développer sa puissance à faible vitesse, sans augmenter exagérément les dimensions et le coût, il faut adopter une forte induction et un grand nombre de fils périphériques sur l'induit.

A faible vitesse et à forte charge, la commutation se fera facilement par le procédé usuel, à la seule condition de diviser suffisamment le collecteur, ce qui revient à adopter peu de spires par section; l'induit aura évidemment une forte réaction; mais, l'inducteur étant très saturé, la distorsion résultante sera faible, et la tension de réactance, proportionnelle à la vitesse, ne dépassera pas la valeur permise.

Pour augmenter la vitesse d'un moteur de ce type, on diminue l'excitation et par suite le champ inducteur; la tension de réactance, à courant constant, croît proportionnellement à la vitesse, et, comme le flux inducteur diminue, la prépondérance de la réaction d'induit devient de plus en plus grande, et la distorsion résultante engendre une force électromotrice défavorable qui, venant s'ajouter à une tension de réactance de plus en plus élevée, provoque bientôt des étincelles aux balais.

Il en est de même dans les génératrices à grande vitesse. Pour diminuer les pertes par hystérésis et courants de Foucault dans les tôles, on est obligé de choisir une induction assez faible et par suite de placer un grand nombre de fils périphériques sur l'induit; le collecteur, très délicat à construire, ne peut être divisé autant qu'il serait nécessaire; les balais de charbon occasionnant des pertes trop considérables par frottement, doivent céder la place aux balais de cuivre; la réaction d'induit et la distorsion sont importantes, la tension de réactance très élevée, la chute ohmique faible. Il faut donc introduire une force électromotrice auxiliaire de commutation.

Dans ces deux cas, on ne peut songer à obtenir cette force électromotrice par décalage des balais; ce décalage devrait être poussé trop loin pour le moteur à vitesse variable et occasionnerait une trop forte chute de tension dans la turbo-dynamo.

On se tire d'affaire par l'emploi des *pôles auxiliaires*, qui servent à créer, à la ligne neutre théorique, un champ de commutation prenant automatiquement la grandeur convenable.

La figure 2 montre le principe appliqué à une génératrice bipolaire du type cuirassé.

Les pôles auxiliaires G et H sont placés en regard de la ligne neutre; leur largeur périphérique est très



APPAREILS DE CHAUFFAGE

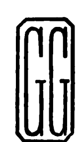
PAR L'ÉLECTRICITÉ

G. GOISOT,

Ingénieur-constructeur,

10, rue Bélidor, Paris, XVIIe.

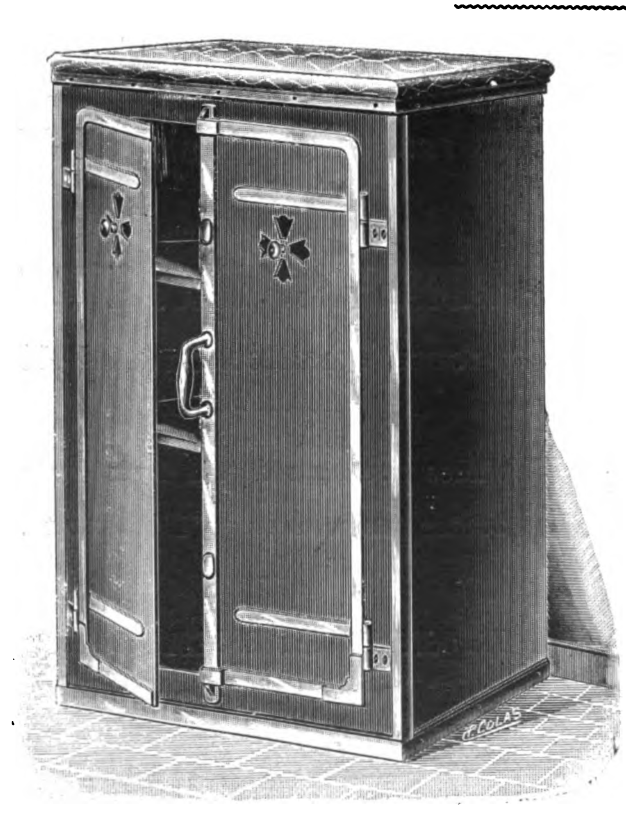
Marque de fabrique déposée.



Marque de fabrique déposée.

APPAREILS INDUSTRIELS, DOMESTIQUES ET MÉDICAUX.

APPAREILS DE GRANDE PUISSANCE



CHAUDIÈRES à vapeur, alambics.

SÉCHOIRS pour épreuves d'imprimerie, papiers photographiques, etc.

ÉTUVES pour le séchage des fleurs artificielles.

ÉTUVES à germination.

COUVEUSES électriques.

FOURS à vernis.

CYLINDRES SÉCHEURS pour la papeterie.

APPAREILS de CUISINE

FOURNEAUX, TABLES CHAUDES, GRILS.

Laboratoire d'essais.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

MÉDAILLE D'OR.

TÉLÉPHONE 585-69.

faible (comparable à l'espace occupé par les bobines commutées en même temps); ils portent un bobinage à gros fil parcouru par le courant principal.

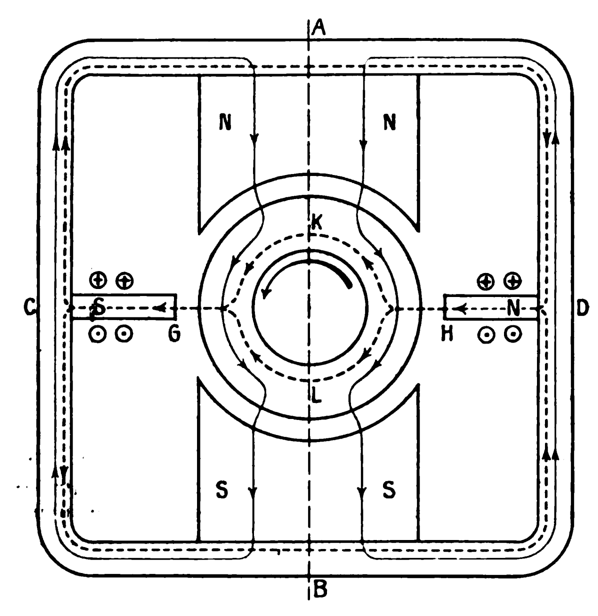


Fig. 2. — Lignes de force d'une dynamo à pôles auxiliaires.

Supposons que la dynamo génératrice tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre et que le pôle nord N soit en haut et le pôle sud S en bas.

Si l'on se contentait de placer deux pôles auxiliaires G et H sans les munir de bobinage, la force magnétomotrice de l'induit créerait, à travers le circuit magnétique qui les contient, un flux de même sens que le flux transversal ordinaire (pôle nord à gauche et pôle sud à droite), flux qui induirait dans les sections sous les balais des forces électromotrices de sens défavorable, dont la valeur serait fortement accrue par la présence de ces pôles supplémentaires. Il faut donc disposer sur ces pôles un enroulement intercalé en série dans le circuit principal, portant un nombre d'ampères-tours supérieur à celui de l'induit, de façon à contrebalancer d'abord les ampères-tours de l'induit et à produire en plus un champ de commutation fournissant une force électromotrice égale et opposée à la tension de réactance. Tant que la saturation du circuit magnétique n'est pas atteinte, la force électromotrice ainsi produite est proportionnelle au courant principal et à la vitesse, tout comme la tension de réactance, et la condition réalisée pour un courant d'induit et une vitesse donnés le sera encore pour toutes les valeurs possibles de ces deux quantités : la commutation, une fois bien réglée, sera parfaite à tous les régimes, propriété très précieuse de ce dispositif.

Ainsi employés, les pôles auxiliaires n'agissent que très peu sur la distorsion du champ résultant, en dehors de la zone neutre; cependant, ils modifient la répartition des flux dans la culasse de l'inducteur et dans le noyau induit ; comme on le voit sur la figure 2 l'induction est renforcée dans les sections CA et BD de l'inducteur et GK et HL de l'induit, et diminuée dans les sections BC et DA, KH et GL.

Dans les dynamos multipolaires à enroulement parallèle, on mettra autant de pôles auxiliaires que de pôles principaux; dans les dynamos à enroulement induit série, et à deux lignes de balai, on mettra seulement deux pôles auxiliaires en regard des balais : ces pôles auxiliaires devront porter un nombre d'ampères-tours égal au nombre d'ampères-tours compris sur un pôle de l'induit, plus le supplément nécessaire pour engendrer, dans les fils sous le balai, une force électromotrice égale à la tension de réactance de la section commutée, qui comporte ici en série autant de bobines qu'il y a de paires de pôles.

Remarques. — 1° On peut lutter contre la distorsion du champ résultant par la *compensation* (système Déri) : on dispose dans des encoches parallèles à l'axe, tout le long du bord intérieur des pièces polaires, des conducteurs parcourus par le courant principal en sens inverse des fils de l'induit, neutralisant ainsi point par point la réaction de l'induit et supprimant complètement la distorsion. En donnant aux ampères-tours de compensation une valeur supérieure aux ampères-tours de l'induit, on peut même provoquer une distorsion en sens inverse, créer un champ de commutation suffisant et assurer en même temps le compoundage de la dynamo. On peut aussi, avec les pôles auxiliaires, moyennant diverses dispositions d'enroulements, réaliser un but analogue, mais tous ces dispositifs sont d'exécution complexe et peu employés jusqu'ici.

2° La question se pose finalement de savoir s'il n'y aurait pas intérêt à munir les dynamos *normales* de *pôles auxiliaires*. On pourrait ainsi réduire le nombre de lames et par suite le coût du collecteur, diminuer l'importance de l'inducteur et augmenter celle de l'induit, d'où résulterait une économie appréciable de main-d'œuvre et de matière, mais on aurait en plus la complication des pôles auxiliaires (importante pour les machines multipolaires à enroulement parallèle), les frais de construction qui s'y rattachent et la dépense d'énergie dans les enroulements de ces pôles auxiliaires.

Jusqu'ici les constructeurs ne semblent pas s'être lancés en grand dans cette voie et il faut attendre la sanction de l'expérience à cet égard.

A. MAUDUIT.

REDRESSEURS DE COURANTS ALTERNATIFS.

Le redressement des courants alternatifs peut, comme on sait, s'effectuer en intercalant sur leur passage des *soupapes* ou *clapets* électriques ne se laissant traverser que dans un seul sens : s'il n'y a qu'une soupape le circuit d'utilisation placé au delà n'est traversé que par les alternances de même sens du courant d'alimentation et il n'y a pas à proprement parler redressement de courant; mais, de même qu'en hydraulique une combinaison convenable de soupapes permet d'obtenir un débit continu d'une pompe à mouvement alternatif, une combinaison de soupapes électriques permet aussi d'avoir des courants toujours de même sens dans un circuit alimenté par des courants alternatifs.

Quant aux moyens de réaliser une soupape électrique, ils sont fort nombreux : les uns sont mécaniques, la plupart utilisent les phénomènes électrolytiques, d'autres les propriétés spéciales de la décharge ou de l'arc entre électrodes dissymétriques.

Pour certaines applications, telles que la charge des accumulateurs ou l'alimentation des bobines de Ruhmkorff, exigeant une puissance trop faible pour justifier l'emploi d'appareils transformateurs rotatifs comme les commutatrices, les permutatrices ou les groupes convertisseurs, les redresseurs de courants alternatifs présentent le plus grand intérêt. Aussi les appareils de ce genre imaginés chaque an[née] sont-ils assez nombreux.

Nous n'avons pas l'intention de donner aujou[rd']d'hui une revue d'ensemble des recherches effectuées récemment dans ce domaine; nous y reviendrons prochainement (¹). Nous nous bornerons à rappeler succinctement, à l'occasion d'un redresseur construit récemment par la maison Ducretet et dont une description est donnée plus loin, les divers redresseurs qui ont été antérieurement décrits dans ces colonnes.

Le plus récemment signalé est celui de M. Blondel, consistant en un interrupteur à jet de mercure mû par un moteur synchrone : le jet de mercure ferme le circuit d'utilisation pendant la durée d'une alternance, l'autre alternance du courant n'est pas utilisée (²). Ce genre de redresseur est remarquable par son faible encombrement : un appareil de $0^{m},19$ de diamètre extérieur et de $0^{m},19$ de hauteur permet de charger au régime de 25 ampères une batterie de 42 accumulateurs; sa puissance volumique est alors de 550 watts par décimètre cube.

(1) On trouvera l'historique des soupapes électriques et particulièrement des soupapes électrolytiques dans une Communication faite en 1901 à la Société internationale des Électriciens : *Transformateurs électrolytiques de courants alternatifs en courants continus* (*système Pollak*), par J. Blondin (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2ᵉ série, t. I, p. 323).

(2) *La Revue électrique*, t. IV, 30 août 1906, p. 97.

Le redresseur Cooper Hewitt est basé sur un tout autre principe : le passage du courant est relativement facile d'une électrode de fer à une électrode de mercure; tandis qu'il ne peut s'effectuer dans le sens inverse sous la même tension. Ce redresseur, remarquable surtout parce qu'il permet le redressement de courants de haute fréquence, a été présenté l'an dernier, par M. Maurice Leblanc, à la Société internationale des Électriciens (¹); il est construit à la Compagnie Westinghouse et a reçu de nombreuses applications pour la charge à forte intensité des accumulateurs.

Le redresseur Fleming (²) utilise la propriété que possède un filament incandescent de laisser écouler plus facilement les charges négatives que les charges positives. Nous ne savons s'il a été appliqué industriellement; mais, comme il consiste en une lampe à incandescence, il ne semble pas qu'il puisse permettre d'obtenir des courants intenses; ils paraît plutôt destiné à transformer en courants de même sens les courants alternatifs de grande fréquence provoqués par les ondes hertziennes.

Parmi les redresseurs à soupapes électrolytiques nous avons eu l'occasion de signaler celui de Max Buttner (³), formé d'une lame d'aluminium plongeant dans une solution de borate d'ammonium. Le redresseur de M. de Faria, construit par la maison Ducretet, dont il est question ci-dessous, appartient au même type. Quant à la soupape Pawlowski signalée également plus loin, d'après un brevet américain, elle est aussi basée sur des actions électrolytiques.

Redresseur électrolytique O. de Faria. — Chacune des soupapes de ce redresseur se compose (*fig.* 1) d'un cylindre d'aluminium A et d'un cylindre en plomb antimonié E percé d'ouvertures allongées E et *e*; ces deux électrodes plongent dans une solution de phosphate de sodium (1^{kg} du sel pour 8^{l} d'eau) contenue dans un vase en ébonite R. Pour le redressement d'un courant alternatif simple, 4 de ces soupapes sont montées suivant les 4 branches d'un pont de Wheatstone (*fig.* 2), le circuit d'utilisation formant l'une des diagonales AB du pont; pendant l'une des alternances le courant suit le chemin indiqué par les flèches en traits pleins; pendant l'autre alternance il suit celui que montrent les flèches en traits ponctués; dans les deux cas le circuit AB est traversé dans le même sens.

La formation du redresseur est des plus simples : il suffit de placer l'appareil sur le réseau d'alimentation en y intercalant un rhéostat, d'une résistance d'une vingtaine d'ohms pour un circuit à 110 volts; l'intensité

(1) *La Revue électrique*, t. III, 15 mai 1905, p. 271 et 279; *voir* aussi, t. IV, 15 juillet 1905, p. 10.

(2) *La Revue électrique*, t. V, 28 février 1906, p. 108.

(3) *La Revue électrique*, t. III, 15 février 1905, p. 75.

du courant traversant l'appareil, le circuit d'utilisation étant ouvert, décroît rapidement; on diminue alors la résistance du rhéostat, puis on la supprime complètement; un ampèremètre placé sur le circuit marque alors zéro.

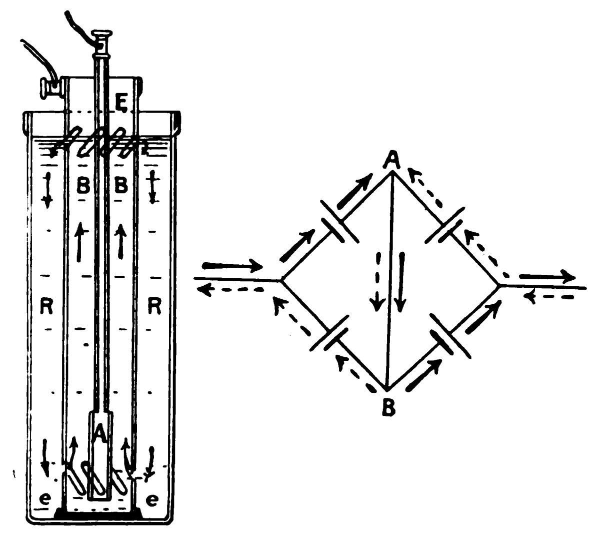


Fig. 1 et 2.

Cette formation n'a besoin d'ailleurs d'être faite qu'une seule fois : une fois formées les électrodes d'aluminium peuvent rester indéfiniment dans le liquide électrolytique sans que la couche isolante qui les recouvre se dissolve. C'est là un des avantages de la soupape de M. de Faria sur la soupape de M. Pollak, celle-ci exigeant que les électrodes fussent retirées du liquide dès que l'appareil ne fonctionnait pas [1].

L'échauffement de l'électrolyte qui, dans les soupapes de ce genre est désastreux pour le fonctionnement, est combattu par une circulation active du liquide. Cette circulation se produit automatiquement dans le sens indiqué par les flèches de la figure 1 : le liquide chaud monte dans l'intérieur du tube de plomb, s'échappe par les ouvertures E, se refroidit par suite du rayonnement du vase extérieur et revient dans le tube de plomb par les ouvertures *e*.

Le refroidissement ainsi produit est suffisamment rapide pour qu'on puisse faire fonctionner l'appareil avec une densité de 8 ampères par décimètre carré d'électrode d'aluminium; un appareil à 4 soupapes donnant 10 ampères sous 110 volts occupe : 90^{cm} en hauteur, 48^{cm} en longueur et en largeur; pour un appareil donnant 25 ampères ces dimensions sont respectivement de 60^{cm}, 110^{cm} et 52^{cm}.

[1] Comme la nature du liquide et celle des électrodes sont identiques dans les deux appareils cette différence de propriétés est assez curieuse; peut-être est-elle due à ce que l'aluminium commercial est aujourd'hui beaucoup plus pur qu'il n'était il y a six ans au moment où M. Pollak faisait ses essais. Cette explication paraît confirmée par le fait que nous a signalé M. de Faria que certains cylindres d'aluminium ne lui ont pas donné de bons résultats bien que rien ne les distinguât des autres.

Le rendement, mesuré par le rapport des indications d'un wattmètre placé sur le circuit d'utilisation et d'un wattmètre placé sur le circuit alternatif, est d'environ 60 pour 100 pour les appareils de 10 ampères; il monte à environ 65 à 70 pour 100 pour ceux donnant 25 ampères à 30 ampères.

Redresseur électrolytique Franz Pawlowski. (Brevet américain 830924, déposé le 14 novembre 1904, délivré le 11 septembre 1906). — Ce redresseur est formé par une lame d'aluminium en contact intime avec une lame de sous-sulfure de cuivre CuS. Cette dernière s'obtient soit en fondant un mélange de soufre et de cuivre en poudre, en proportion convenable, soit en soumettant la surface d'une feuille de cuivre à l'action de la vapeur de soufre, en évitant l'accès de l'air.

La formation du redresseur s'effectue en reliant les deux plaques en contact aux pôles d'une source de courants alternatifs; des étincelles, d'abord très fortes, se produisent entre les plaques; elles diminuent peu à peu d'intensité et finissent par disparaître : la formation est alors réalisée et le courant ne peut plus passer que dans un seul sens. Aucun liquide n'est nécessaire pour le fonctionnement.

ACCUMULATEURS.

Recherches récentes sur l'accumulateur alcalin fer-nickel. — Dans un article antérieur publié dans cette *Revue* [1] nous avons indiqué quel était à la fin de 1903 l'état de la question de l'accumulateur alcalin fer-nickel. Nous y avons parlé principalement de l'élément Edison, le mieux étudié à cette époque, et avons montré que, à part certains cas tout à fait particuliers, cet élément n'était pas encore en état de lutter avec l'accumulateur au plomb.

Il faut admirer l'effort considérable accompli par Edison et par Jungner pour la mise au point de leurs éléments; mais il faut bien dire que cet effort a surtout porté sur les détails de construction et notamment sur le montage. Sans nier l'importance de ces derniers, on doit reconnaître que les difficultés les plus grandes provenaient de l'ignorance dans laquelle on était de la nature des phénomènes dont l'accumulateur alcalin fer-nickel est le siège.

La détermination de ces phénomènes constitue une étude des plus longues et des plus délicates; mais on ne peut guère concevoir sans elle de progrès certains. Et c'est justement parce que les travaux de cette nature nécessitent de savantes et patientes recherches que l'on a mis si longtemps à perfectionner l'accumulateur au plomb. Pour la même raison faudra-t-il peut-être encore de nombreuses années avant qu'on puisse appliquer avantageusement l'accumulateur alcalin puisque actuellement nous ne connaissons même pas encore exactement la composition chimique des matières actives de l'élément fer-nickel.

[1] *La Revue électrique*, t. I, 15 janvier 1904, p. 2.

Pour bien marquer l'étape accomplie depuis ces trois dernières années, nous nous proposons de résumer ici les différents travaux publiés pendant cette période tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

I. — ÉTUDE THÉORIQUE DE L'ACCUMULATEUR ALCALIN FER-NICKEL.

Rappelons tout d'abord que cet élément fait partie de la classe si intéressante des accumulateurs à électrolyte invariable, signalée pour la première fois par G. Darrieus [1] en 1893. C'est en 1901 que l'attention fut appelée à nouveau sur le couple fer-potasse-oxyde de nickel par les brevets Jungner [2] et Edison [3].

Dès le début l'incertitude régna au sujet de la composition des matières actives, Jungner admettant que la matière active de la cathode est l'hydroxyde $Fe(OH)^2$, Edison prétendant que c'est le fer métallique. De même, tandis que ce dernier auteur donnait à la matière active positive la composition NiO^2, certains autres auteurs, parmi lesquels de Michalowski, lui attribuaient la composition Ni^2O^3. Les réactions pendant la décharge étaient encore plus imprécises.

D'après le brevet suédois de Jungner on devait avoir à la décharge et à la charge les réactions indiquées par l'équation réversible

$$NiO^2 + 2Fe(OH)^2 + H^2O \rightleftharpoons NiO + 2Fe(OH)^3.$$

D'après d'autres hypothèses, la matière active négative devait passer pendant la décharge de l'état de fer métallique à l'état d'oxyde.

La matière active positive, d'après de Michalowski, devait se réduire de Ni^2O^3 à NiO.

Si nous considérons tout d'abord la plaque positive qui a fait jusqu'ici l'objet d'une étude plus approfondie que la plaque négative, il semble bien que la composition de la matière active, fin charge, doit être un hydrate du sesquioxyde Ni^2O^3. Il n'y a pas de doute en ce qui concerne la composition avant la première charge, car c'est l'hydrate $Ni^2O^3, 3H^2O$ qui se produit par le traitement de l'hydroxyde $Ni(OH)^2$ par le chlore ou les hypochlorites. En pratique même on constate par l'analyse que dans le sesquioxyde formé la proportion de NiO^2 par rapport à NiO est un peu plus faible que celle qui correspond au sesquioxyde NiO^2, NiO, une partie de l'oxyde restant à l'état de NiO. Ainsi en oxydant l'hydroxyde de nickel par l'eau de Javel, nous avons trouvé pour le composé obtenu, séché à 100°, un rapport $\frac{NiO^2}{NiO}$ égal à 0,925 au lieu de 1,21 théoriquement d'après la composition Ni^2O^3. Comme proportion d'eau dans l'hydrate nous avons trouvé 2 molécules H^2O ($Ni^2O^3, 2H^2O$) lorsque la température de séchage ne dépasse pas 100° C.

Étant donné que le degré d'oxydation de la matière active positive avant la première charge est au maximum Ni^2O^3, faut-il croire que, après cette première charge, cet oxyde se transforme en peroxyde NiO^2. Pour justifier cette hypothèse Edison et Marsh se basaient sur ce fait que le sesquioxyde Ni^2O^3 préparé chimiquement ne donne pas la même force électromotrice qu'une plaque positive chargée.

Des expériences de Julian Zedner [1] montrent que, s'il en est ainsi, c'est parce que le contact entre le sesquioxyde et son support est imparfait. Même en comprimant une pastille de sesquioxyde sur une lame de platine, on n'obtient comme force électromotrice, en présence d'une lame de zinc dans la potasse à 25 pour 100, que 1,40 volt (le platine seul donne 1,50 volt), tandis que dans les mêmes conditions une plaque positive chargée donne 1,77 volt.

Au contraire, si l'on assure un contact parfait en déposant électrolytiquement du nickel sur la lame de platine, puis en transformant par le chlore ce nickel en sesquioxyde, on trouve bien la même force électromotrice qu'avec la positive chargée. Julian Zedner s'assura d'ailleurs par l'analyse que l'oxyde formé dans ce cas était bien Ni^2O^3 en mesurant le rapport $\frac{Ni}{O}$ du nickel à l'oxygène actif et en trouvant la valeur 7,4 très voisine de la valeur théorique 7,34, tandis que, pour le peroxyde NiO^2, cette valeur serait 3,67. En ce qui concerne la teneur en eau, cet expérimentateur trouva une composition variable entre Ni^2O^3, H^2O et $Ni^2O^3, 11H^2O$, selon les conditions de séchage.

Dans une étude plus récente [2], Julian Zedner a démontré que l'hydrate de sesquioxyde qui constitue la matière active positive est l'hydrate à 3 molécules d'eau $Ni^2O^3, 3H^2O$ ou $Ni^2(OH)^3$ et qu'à la décharge cet hydrate se transforme en hydrate d'oxyde $Ni(OH)^2, 2H^2O$ en absorbant par conséquent de l'eau d'après l'équation

$$Ni(OH)^3 + H + H^2O = Ni(OH)^2, 2H^2O.$$

La composition hydratée de la matière active positive permet d'expliquer qu'on ne puisse obtenir

(1) Brevet français 233083 du 27 septembre 1893.
(2) Brevet suédois 15567 du 22 janvier 1901. — Brevet français 314427 du 23 septembre 1901.
(3) Brevet français 307864 et brevet anglais 2490, tous deux du 5 février 1901.

(1) *La Revue électrique*, t. V, 15 février 1906, p. 74.
(2) *La Revue électrique*, t. VI, 15 septembre 1906, p. 129.

cette matière en calcinant certains sels comme le le nitrate, car, dans ce cas, on obtient le sesquioxyde Ni^2O^3 qui ne s'hydrate pas dans l'eau.

Pour la détermination directe de la composition de la matière active négative, les expériences manquent encore. Lorsqu'on part du sesquioxyde et qu'on opère sa réduction par l'hydrogène à température élevée, la réduction va jusqu'au fer métallique, mais elle n'est pas toujours complète; elle dépend de la température et est limitée, en outre, par la tension de la vapeur d'eau produite. Si la réduction de Fe^2O^3 en Fe était complète, on devrait obtenir une perte en poids de 30 pour 100; cette perte devrait s'abaisser à 10 pour 100 dans le cas de la réduction de Fe^2O^3 en FeO. En pratique, nous avons pu constater une diminution de 16,2 pour 100 pour une réduction au rouge sombre et une diminution de 31,3 pour 100 à une température plus élevée. En général, on doit donc obtenir un mélange de fer et d'oxyde ferreux. Lorsque l'on constitue la matière active en partant de l'oxyde magnétique Fe^3O^4 ou des oxydes des battitures qui sont, comme on sait, des combinaisons en proportions variables de FeO et de Fe^2O^3, on soumet ces oxydes à la réduction électrolytique. Dans ce cas, la réduction va-t-elle, sinon complètement du moins partiellement, jusqu'au fer métallique ?

D'après Max Roloff [1] cette réduction se produit et d'autant plus facilement qu'on a débarrassé magnétiquement l'oxyde magnétique de l'oxyde FeO et surtout de l'oxyde Fe^2O^3 qui l'accompagnent toujours.

Pour la composition de la matière active négative déchargée, M. U. Schoop [2] indique une proportion de 63,64 pour 100 de FeO et de 36,86 pour 100 de Fe^2O^3, ce qui correspondrait à la formule globale $4FeO,Fe^2O^3$. Mais une telle formule peut correspondre à un mélange de Fe^2O^3 et de FeO non utilisé ou encore à un mélange de ces deux corps et d'oxyde magnétique.

En un mot, pour la constitution chimique de la matière active négative, on en est encore réduit aux hypothèses. La matière active peut être le fer métallique s'oxydant à la décharge en oxyde ferreux ou en son hydrate; elle peut être aussi l'oxyde ferreux ou son hydrate s'oxydant à la décharge en sesquioxyde ou en oxyde magnétique. Mais elle paraît être plus probablement encore un mélange de fer métallique et d'oxyde ou d'hydrate ferreux en proportions variables avec les conditions. A l'appui de cette hypothèse, nous mentionnerons des expériences que nous avons faites sur une cathode-fer à grande surface et qui sont résumées dans les courbes de la figure 1. La plaque, de surface active, $4^{dm^2},12$, était légèrement oxydée superficiellement, puis réduite au rouge sombre dans un courant d'hydrogène. Immédiatement après la réduction et le refroidissement dans le courant d'hydrogène, la plaque était introduite dans l'électrolyte (potasse à 20 pour 100) entre deux anodes-nickel pour y être soumise aux essais. Au régime de 0,1 ampère, la première décharge donnait les résultats indiqués courbe I. La deuxième décharge donnait les résultats indiqués courbe II. Les tensions marquées sont les tensions cathodiques mesurées avec électrode auxiliaire au sesquioxyde de nickel. Dans les deux cas on voit nettement les deux phases de la décharge correspondant probablement à l'oxydation du fer métallique, puis à celle de l'oxyde ferreux ou de son hydrate. Mais, tandis que la première phase est très développée et la deuxième très réduite dans la première décharge, dans la seconde, c'est l'inverse qui se produit. Comme il n'y a pas eu de chute de matière, on peut penser que la charge par le courant qui a suivi la première décharge n'a pas ramené les oxydes à un degré de réduction aussi avancé que le traitement initial par l'hydrogène.

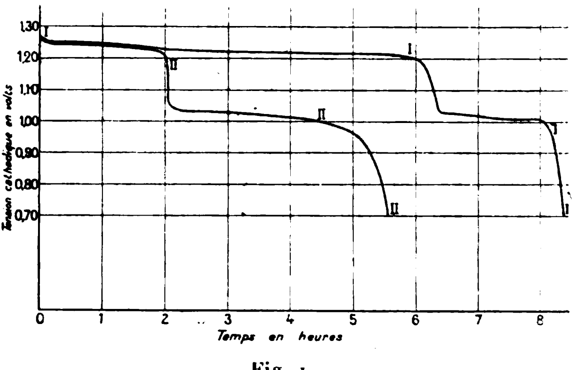


Fig. 1.

(*A suivre.*) L. JUMAU.

(1) *La Revue électrique*, t. IV, 15 octobre 1905, p. 208.

(2) *La Revue électrique*, t. IV, 30 décembre 1905, p. 365.

Nouveau procédé de fabrication des plaques à grande surface. — Le stand de la Société pour le Travail électrique des métaux, à l'Exposition de Milan, était remarquable par la variété des types d'éléments présentés et par le grand nombre des applications envisagées. Nous n'entreprendrons pas ici la description complète de tous les appareils exposés, cette description ne différant pas notablement de celle que nous avons faite l'an dernier dans cette *Revue* [1] à propos de l'Exposition de Liége. Nous devons signaler cependant l'apparition de plaques d'un type nouvellement créé par cette Société.

(1) *La Revue électrique*, t. IV, 30 octobre 1905, p. 230.

Ces plaques, du type à grande surface, sont fabriquées à l'aide d'une machine spéciale ingénieusement étudiée par M. H. Pêcheur. Cette machine [1] est entièrement automatique et travaille, ainsi qu'on va le voir, par fraisage du plomb.

Les figures 1, 2, 3 et 4 se rapportent à une machine pouvant fabriquer simultanément 16 plaques de dimensions $100^{mm} \times 300^{mm}$.

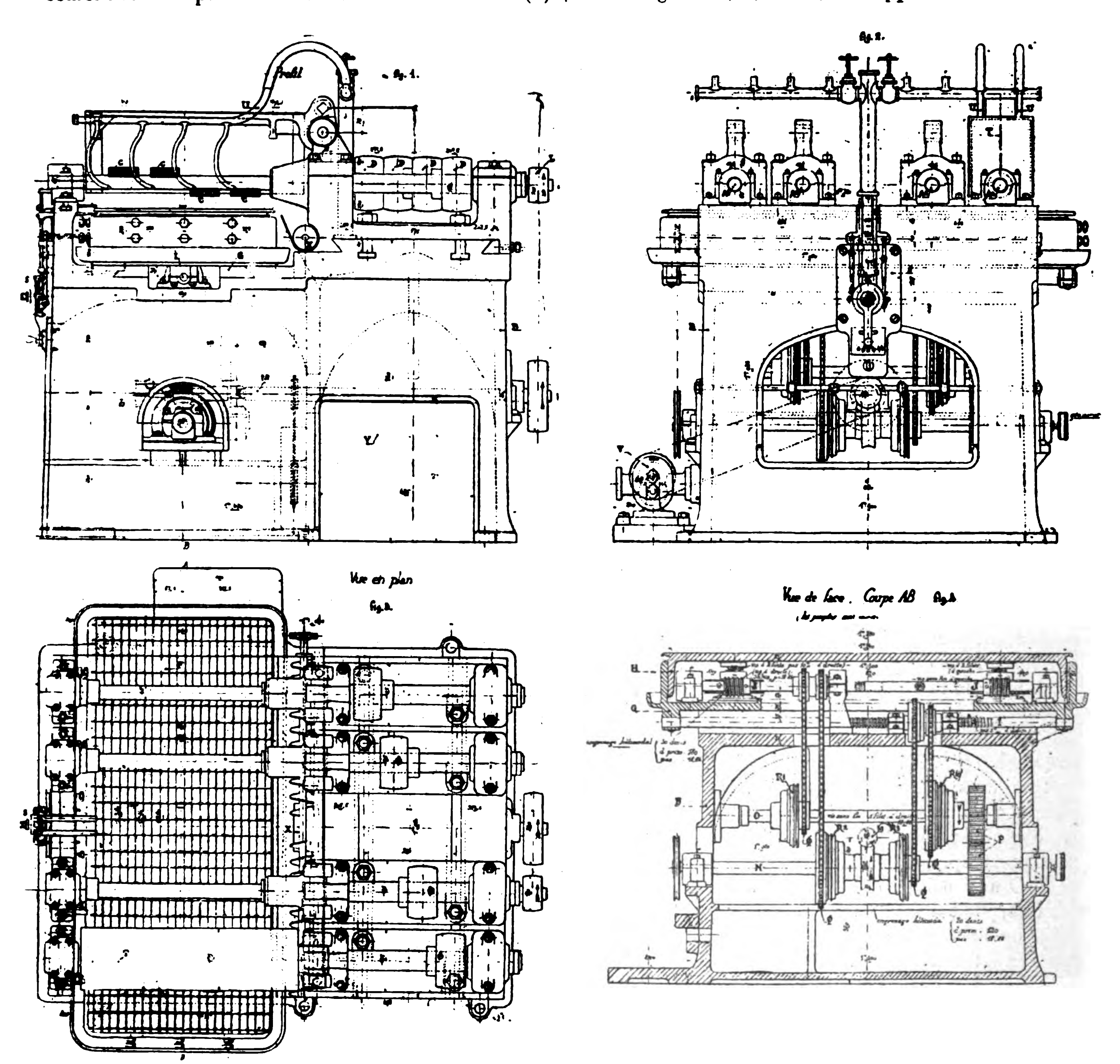


Fig. 1 à 4.

Les figures 1 et 2 sont des coupes en élévation, la figure 3 une vue en plan, et la figure 4 une coupe verticale par AB de la figure 3.

Sur un bâti en fonte B sont disposés quatre arbres porte-lames A_1, A_2, A_3, A_4, dont les supports respectifs peuvent se déplacer transversalement et indépendamment les uns des autres. Dans la partie comprise entre leurs supports avant, ces quatre arbres portent les organes de fraisage qui sont constitués, sur chacun d'eux, par quatre groupes de

[1] Brevet français n° 343959 du 14 juin 1904.

lames en acier d'un profil spécial. Chacun des groupes CC porte le nombre de lames nécessaires au façonnage des plaques à obtenir.

Les figures 5 et 6, relatives à un arbre en élévation et à une coupe de cet arbre par *rs*, montrent de quelle façon sont montées les lames. Celles-ci sont disposées dans une mortaise pratiquée sur l'arbre et séparées entre elles par des cales d'épaisseur convenable. Dans la partie comprise entre les supports arrière, chaque arbre porte une poulie D commandée par courroie.

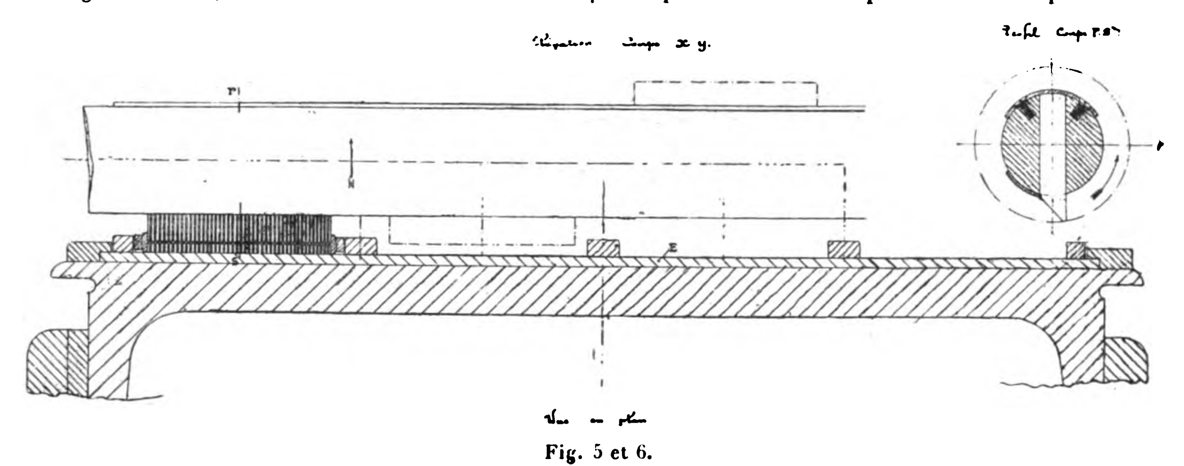


Fig. 5 et 6.

Les plaques de plomb à fraiser sont assujetties sur un porte-plaques E, indépendant de la machine et représenté en partie sur la figure 7. Cet organe muni de ses plaques est ensuite fixé sur le plateau F de la fraiseuse. Ce plateau F est constitué en réalité par deux plateaux (*voir* la figure 4), dont l'un G se déplace horizontalement au moyen de la vis I, et dont l'autre H, mobile dans le plateau G, se déplace verticalement à l'aide d'une seconde vis J qui commande quatre roues pour vis verticales, situées de part et d'autre de son axe.

Les arbres porte-lames sont commandés directement par le moteur entraînant, par courroies, chacune des poulies D. La vitesse normale de ces arbres est de 2000 tours à 3000 tours par minute.

La commande automatique du plateau F se fait de la manière suivante : à l'extrémité arrière de l'un des arbres porte-lames est fixée une poulie L commandant une autre poulie solidaire d'un arbre M, dont l'extrémité porte une vis sans fin. Cette vis transmet son mouvement à un arbre N qui entraîne lui-même, au moyen des engrenages droits P, un second arbre O. Les arbres N et O portent chacun deux roues folles Q fixées sur les plateaux mobiles de quatre embrayages magnétiques R_1, R_2 R_3, R_4 et qui sont destinées à commander, au moyen de chaînes Galle, les vis I et J. Ces roues sont rendues solidaires des arbres N et O, aux moments convenables, par les plateaux fixes des embrayages. L'examen de la figure 4 montre que, si l'arbre M tourne dans le sens indiqué par la flèche, l'embrayage R_1 imprimera au plateau H un mouvement de montée, l'embrayage R_2 un mouvement de descente, l'embrayage R_3, un mouvement d'avancée à l'ensemble des deux plateaux G et H, et l'embrayage R_4, un mouvement de recul à cet ensemble.

Le fonctionnement des embrayages magnétiques au moment opportun est obtenu par un ensemble S composé d'un commutateur, dont le levier est monté à friction sur une roue à quatre rochets qui correspondent aux quatre mouvements à obtenir. Ces rochets sont sollicités par un système de tiges et leviers poussés par des butées convenablement disposées sur les plateaux G et H.

Comme organes accessoires, la machine comporte en outre quatre protecteurs en tôle T, dont l'un est représenté en figures 2 et 3. A l'intérieur de ces protecteurs et en avant des lames sont disposés plusieurs ajutages U, qui projettent sur ces lames un liquide lubrifiant refoulé par une petite pompe centrifuge V dans une tuyauterie principale, sur laquelle ces ajutages sont dérivés.

Le plomb enlevé par le fraisage est chassé dans une trémie X, au fond de laquelle se meut une vis d'Archimède comportant deux hélices, dont les pas sont symétriques par rapport à l'axe de la machine. Cette vis dirige le plomb mélangé de lubrifiant vers une ouverture pratiquée dans cet axe sur le bâti, d'où il tombe dans un chariot pouvant être introduit par l'ouverture Y existant sur l'une des faces de la machine. C'est dans ce chariot que le plomb est recueilli pour être utilisé dans la suite après fusion.

La figure 8 représente une photographie de l'ensemble de la machine et de sa commande électrique.

10...

Avec une même machine, on peut obtenir des plaques de dimensions et de profils variés par le simple déplacement relatif des supports des arbres, ainsi qu'en faisant varier le nombre et l'épaisseur des lames.

Un des avantages les plus précieux de ce procédé

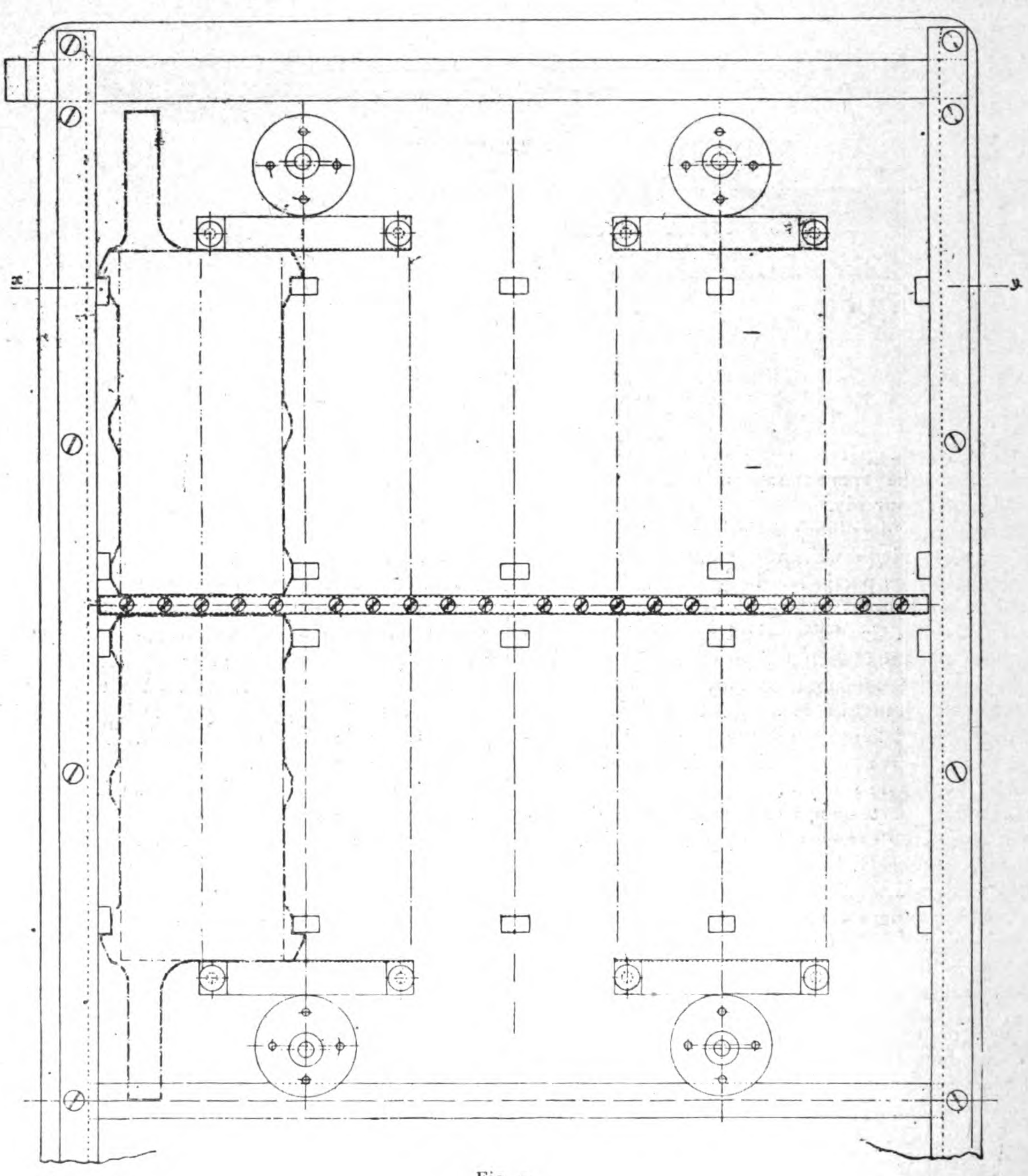


Fig. 7.

de fabrication des plaques à grande surface est d'être très économique par suite de la rapidité de fabrication et de la réduction de la main-d'œuvre. Celle-ci consiste en effet simplement à disposer sur le plateau les plaques obtenues préalablement, soit en plomb doux coulé, soit en plomb doux laminé, et munies de leurs queues de prise de courant et de suspension. Une fois le plateau mis en place, la ma-

chine opère automatiquement le fraisage par les mouvements suivants : montée du plateau jusqu'à obtention de la profondeur voulue pour les nervures, déplacement longitudinal pour le fraisage de la plaque dans toute sa longueur; puis descente du plateau pour dégager les lames, et enfin mouvement longitudinal en sens inverse du premier pour ramener le plateau à la position initiale. Ce dernier mouvement peut, à volonté, être effectué avec les lames restées dans le fond des sillons, ce qui permet de débarrasser complètement ceux-ci des parcelles de plomb qui ont pu rester.

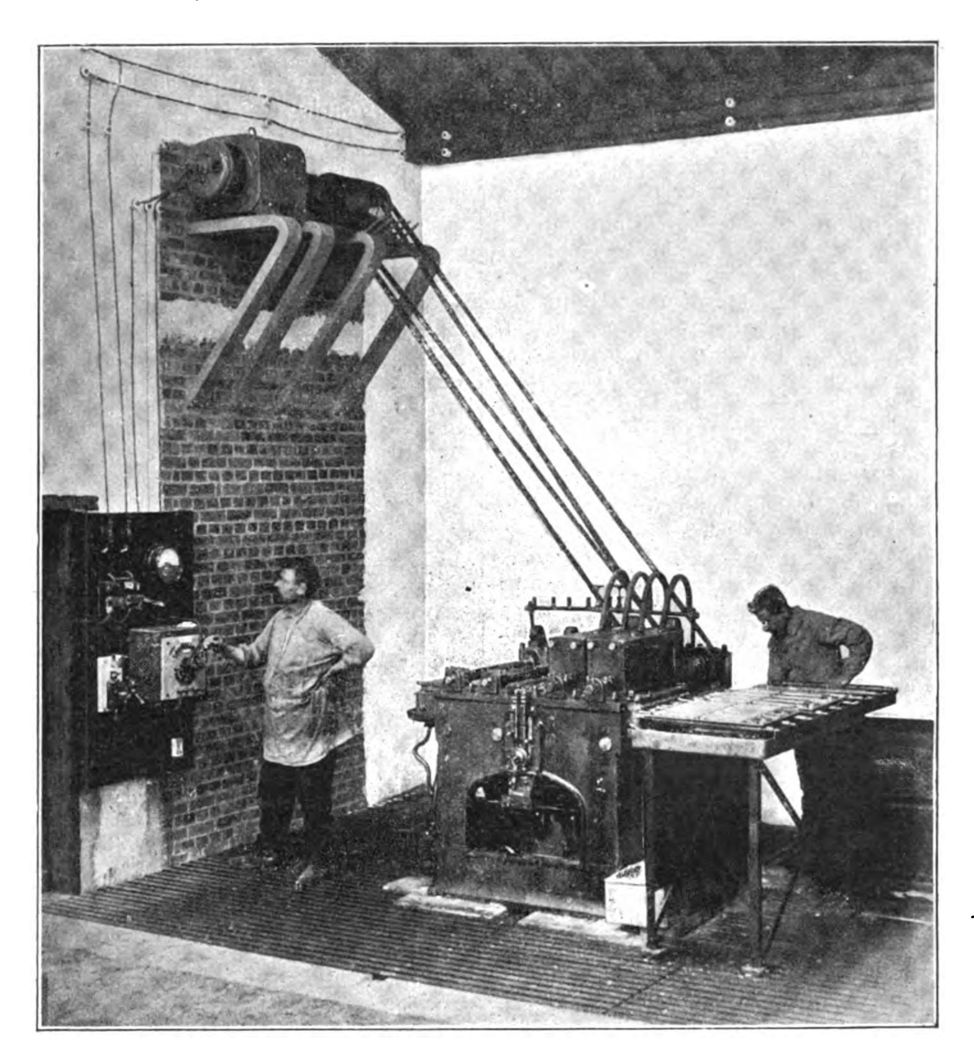


Fig. 8.

Le plateau étant enlevé, les plaques sont retournées, puis on travaille de la même façon leur deuxième côté. Chacune de ces opérations ne dure pas plus de 4 à 5 minutes. Les plaques terminées sont d'une grande régularité. Elles n'ont plus qu'à subir la formation Planté pour pouvoir être mises en service. Ainsi fabriquées, les plaques ont une longue durée, parce qu'il n'y a pas ici d'arrachements des nervures comme dans certains procédés mécaniques de fabrication de plaques à grande surface.

T. PAUSERT.

Nouveau procédé pour la préparation des oxydes de plomb légers et poreux destinés aux accumulateurs. C.-H. JACOB (Brevet français 353147 du 8 avril 1905). — Voici comment on procède ici pour obtenir des oxydes de plomb très divisés, d'une densité apparente de 1,90 à 2,25. On mélange 1^{kg} d'hydrate de plomb obtenu à la façon habituelle à 200^g de soude ou de potasse caustique. La pâte ainsi formée est étendue sur une pierre en terre réfractaire servant de support et

percée de trous très fins. On expose la matière à des jets de vapeur pendant 1 heure, après quoi on laisse sécher à 100° pendant 24 heures. On met la masse agglomérée dans deux ou trois fois son poids d'eau et l'on maintient 1 heure à l'ébullition. On décante et la pâte est mise à sécher ou employée telle quelle après égouttage.

USINES ÉLECTRIQUES.

Les usines génératrices des Vosges, par J.-A. MONTPELLIER (*L'Électricien*, t. XXXII, 17 nov. 1906, p. 312). — Le département des Vosges compte 26 usines génératrices alimentant 41 localités; sur ces usines, 19 desservent une seule localité, 7 en desservent plusieurs.

6 seulement de ces usines sont actionnées par des moteurs à vapeur; les 20 autres utilisent la force motrice hydraulique. Sur ces dernières, 4 ont en outre des moteurs à vapeur et 2 des moteurs à gaz pauvre.

La force motrice hydraulique est fournie par : la Meuse (2 usines) et son affluent le Vair (1 usine); la Moselle (3 usines) et ses divers affluents (6 usines); la Meurthe et un affluent (2 usines); la Saône et deux affluents (5 usines); etc.

17 usines fournissent du courant continu, 3 du courant alternatif simple, 5 des courants triphasés, et 1 du courant continu et des courants triphasés.

La distribution du courant continu se fait par réseaux à 2 fils sous une tension qui varie d'une localité à l'autre de 110 à 240 volts et par réseaux à 3 fils sous 230 à 300 volts entre fils extrêmes. La transmission des courants alternatifs, de fréquence 50, se fait sous 2000, 3000, 4000 et 5000 volts; ces courants sont utilisés sous 110 à 125 volts.

Outre ces usines alimentant des distributions publiques d'énergie, on trouve également de nombreuses installations privées, notamment pour l'éclairage et la force motrice dans les filatures.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : Arnold. BF. 367211, 16 juin 1906 (disposition de pôles auxiliaires pour machines à courant continu et alternatif avec commutateur); BP. 14712, 1906 (machines électriques). — Boucherot. USAP. 825877, 12 mai 1905. — Boulanger. BP. 22802, 1905 (magnéto à haute tension). — Bronk et Pieper. BP. 10054, 1906 (courants à haute tension). — Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris. BF. 366645, 28 mai 1906 (appareil à fabriquer les sections d'induit). — Fahl. USAP. 824922, 18 déc. 1905. — Felten et Guilleaume. BF. 368220, 19 juillet 1906. — General Electric Company. BP. 15960, 20990, 22262, 24024, 1905 (alternateur et dynamo auto-excitatrice). — Gianoli. BF. 367827, 6 juillet 1906 (magnéto). — Hills, Urquehart et Honey. BP. 24877, 1905. — Hunt et The Sandycroft Foundry Cy. BF. 367908, 9 juillet 1906. — Latour. BF. 367597, 2 juillet 1906 (induit à collecteur). — Pauling. BP. 7869, 1905 (production d'arcs voltaïques). — Peugeot, Tony Huber (Société). BF. 366693, 30 mai 1906 (groupe électrogène. — Picq. BF. 367550, 29 juin 1906. — Schmidt. BF. 366942, 7 juin 1906 (bâti de magnéto à masses polaires encastrées et fixées par moulage). — Société lyonnaise de fournitures chirurgicales et d'hygiène publique. BF. 368183, 19 juillet 1906 (dynamo). — Tade (Otto). DRP. 175119, 21 mai 1905 (excitation rapide des machines électriques). — The Alfater variable speed Motor. BF. 367087, 11 avril 1906 (carcasse magnétique pour machines électriques à pôles auxiliaires). — Thomson-Houston (Ateliers). BF. 367547, 29 juin 1906 (procédé pour influencer la forme du champ dans les machines à courant alternatif à collecteur). — Torley (de) et Benko. BF. 366190, 23 janvier 1906 (procédé et appareil pour la production de l'électricité). — Waters. USAP. 823566, 24 sept. 1904 (fixation des épanouissements lamellaires aux pôles d'un inducteur tournant). — *Accessoires pour dynamos :* Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft. DRP. 175377, 16 nov. 1901 (régulateur pour génératrice à courant alternatif monophasé). — Coincy (de). BF. 366429, 19 mai 1906 (dispositif pour le réglage automatique de la tension dans les dynamos à induit amovible). — Waters. USAP. 823569, 20 janvier 1905 (porte-balai). — Wilson. BP. 24794, 1905 (balais pour dynamos). — Wood et Lancashire Dynamo and Motor Cy. BP. 22654, 1905 (appareillage pour dynamos).

Machines transformatrices : Auvert et Ferrand. DRP 176022, 19 juillet 1905 (transformation de courants alternatifs en courants continus de tension quelconque). — Deutsche Telephon Werke. DRP. 176012, 19 juillet 1905 (condensateurs électriques). — Fox. BF. 366381, 18 mai 1906 (système d'accumulation et de transformation de l'énergie électrique). — General Electric Cy. BP. 22343 et 25406, 1905 (transformateur). — Grath (Mac). USAP. 825405, 28 nov. 1902 (condensateur et moyen de le construire). — Hoffelt. BF. 366908, 6 juin 1906 (procédé de fabrication de bobines pour applications électriques). — Koch et Sterzel. BF. 367789, 6 juillet 1906 (disposition pour l'utilisation de tubes Rœntgen). — Korda et Heyland. BF. 367298, 20 juin 1906 (transformatrice rotative permettant la transformation du courant alternatif en courant continu et la transformation inverse). — Muller. DRP. 176003, 17 mai 1905 (tubes de Rœntgen avec refroidissement de l'anticathode). — Sauve. USAP. 823973, 23 mai 1905 (bobine d'induction). — Sauve et Robbins. BF. 367277, 19 juin 1906 (perfectionnements aux bobines d'induction). — Siemens et Halske. DRP. 175824, 24 mars 1905 (transformateur). — Thomson (Elihu). USAP. 824048, 11 sept. 1903 (bobine isolée et moyen de la construire). — *Accessoires :* Schwartz. BF. 366238, 15 mai 1906 (dispositif pour mesurer l'intensité des rayons Rœntgen).

Piles : Heath. USAP. 824015, 7 août 1905 (couple thermo-électrique). — Ruzicka. BP. 18931, 1905 (piles). — Wydts et Jeudi. BF. 367539, 28 juin 1906 (pile).

Accumulateurs : Edison. BP. 1924, 1906. — Gesellschaft fur Hercules Elemente. BF. 368078, 16 juillet 1906 (électrode en charbon). — Hanuise. BF. 366466, 22 mai 1906 (système de fermeture pour accumulateurs électriques). — Harper. USAP. 825882 (batterie). — Horton. USAP. 825837, 17 mars 1904 (séparateur pour plaques d'accumulateurs). — Jeantaud. BP. 52, 1906 (matière active pour accumulateurs. — Roloff. BP. 16008, 1905. — Schmidt. DRP. 176064, 8 avril 1904. — Silvery. USAP. 824828, 5 mars 1906 (plaque d'accumulateur). — Warren, Busschots et Wood. BP. 17674, 1905.

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

APPLICATIONS THERMIQUES.

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE.

Sur les applications industrielles du chauffage par l'électricité. — L'emploi de l'électricité comme moyen de chauffage est trop répandu maintenant pour qu'il soit possible d'en énumérer les applications sans faire une fastidieuse nomenclature.

Il convient cependant de faire observer que, si l'électricité peut être employée dans tous les cas de chauffage, son application n'a eu lieu, pour chaque cas, que grâce à des circonstances particulières. C'est parce que cet agent, extrêmement souple, n'est susceptible d'être utilisé partout qu'à la condition de ne pas tenir compte uniquement du prix de revient. L'électricité est, en effet, d'une manière générale, un assez coûteux procédé de chauffage.

Lorsque l'énergie électrique est obtenue au moyen de chaudières, de machines à vapeur, etc., il paraît bien évident que les calories produites ainsi, après de multiples transformations, reviennent notablement plus cher que celles que l'on aurait pu obtenir directement avec la même quantité de combustible. Ce n'est donc que dans des cas spéciaux qu'on aura recours à l'électricité pour le chauffage.

Par exemple, on l'emploie dans les locaux que l'on ne veut pas chauffer au moyen de combustible, pour éviter l'encombrement, maintenir la propreté et s'assurer contre l'incendie. On l'emploie de préférence à la vapeur dans les cas nombreux où la distribution de celle-ci devient impraticable en raison de la distance à laquelle se trouve la chaudière, de la difficulté qu'on rencontre pour établir certains passages et enfin lorsqu'il s'agit d'obtenir des températures auxquelles la vapeur, même à haute pression, ne saurait atteindre. On l'emploie aussi lorsque les usines génératrices ont des maximums de charge très supérieurs à la charge moyenne, pour utiliser l'excédent à certaines heures.

Il en est autrement lorsque l'électricité est produite au moyen de forces hydrauliques. Le prix de la calorie obtenue dans ces conditions peut être moins élevé, et de beaucoup, que celui de la calorie obtenue directement par le charbon. En effet, dans certaines régions, le prix de l'énergie hydraulique est très réduit, tandis que celui du combustible est très élevé, en raison des frais de transport, par exemple.

Quelque divers que soient, en apparence, les procédés de chauffage électrique proposés, les modes de production de la chaleur sont très restreints : l'effet Joule, l'arc électrique, les courants de Foucault.

Les hautes températures nécessaires en métallurgie sont obtenues le plus souvent au moyen de l'arc électrique, ou des courants d'induction. Car les résistances ne peuvent, d'une manière générale, supporter ces températures élevées sans subir une destruction rapide, si l'on excepte le charbon, qui donne d'assez bons résultats, à la condition toutefois de bien le préserver du contact de l'air.

Je reviendrai dans une autre Note sur les applications de ce genre et sur l'emploi des poudres de charbon, seules ou mélangées à des corps réfractaires, dont on a préconisé l'usage depuis quelque temps. L'adoption des poudres et agglomérés présente d'ailleurs peu de chance de succès, à cause du manque d'homogénéité de la résistance ainsi constituée.

Aux températures moyennes, jusqu'à 600° ou 800°, les résistances métalliques conviennent très bien. Si l'on choisit le métal formant la résistance, qu'on le protège contre l'oxydation par l'air, contre l'attaque des matériaux qui le supportent et qu'on le préserve, en particulier, de l'action des silicates, cause de si grands inconvénients, on obtient d'excellents résultats. La longueur et la section de la résistance dont on dispose, permettent de plier le circuit à toutes les exigences.

On est tenté d'avoir recours aux alliages en raison de leur grande résistivité ; mais il est préférable d'y renoncer. Il se produit, en effet, avec les alliages, des phénomènes de transformation moléculaire, de cristallisation, etc., dus au passage du courant, par suite, peut-être, d'une sorte d'électrolyse spéciale. Dans tous les cas, les résistances constituées par des alliages ne me semblent ni devoir supporter les mêmes températures d'emploi, ni, à moindre température, devoir durer aussi longtemps que les métaux purs.

Quelles que soient d'ailleurs les raisons qui font adopter le chauffage électrique et la façon de réaliser pratiquement le système chauffant, les applications sont des plus variées et j'en signalerai quelques-unes qui présentent un certain intérêt, quoiqu'elles n'aient pas l'avantage de la nouveauté.

Fours et étuves. Tables chauffantes. — L'électricité trouve son emploi dans les cas où, soit les risques d'incendie, soit la présence des gaz dégagés

par la combustion, empêchent de se servir du chauffage au charbon ou au gaz. L'emploi de la vapeur ou de l'eau chaude présenterait d'ailleurs le danger d'explosion, à cause des hautes pressions qui sont nécessaires dès que l'on dépasse 100°.

L'application de l'électricité convient parfaitement aux fours à vernis, aux étuves de séchage pour épreuves d'imprimerie ou de photographie, pour reproduction au ferro-prussiate, etc.; aux étuves pour le séchage des fleurs artificielles, dont les couleurs délicates ne permettent guère l'emploi du chauffage par le gaz ou par le charbon; aux étuves pour la fabrication de la poudre et des autres explosifs, pour le traitement des liquides volatils dont les vapeurs sont inflammables, etc. Dans ces derniers cas, il faut employer des interrupteurs cuirassés, ou bien disposer les interrupteurs à l'extérieur des pièces où se trouvent les vapeurs ou les poudres en suspension, afin d'éviter le danger qui résulterait des étincelles produites par la manœuvre des interrupteurs.

Les tables chauffantes (*fig.* 1) trouvent, pour les mêmes raisons, leur emploi dans l'industrie du celluloïd, dans le travail du caoutchouc, etc.

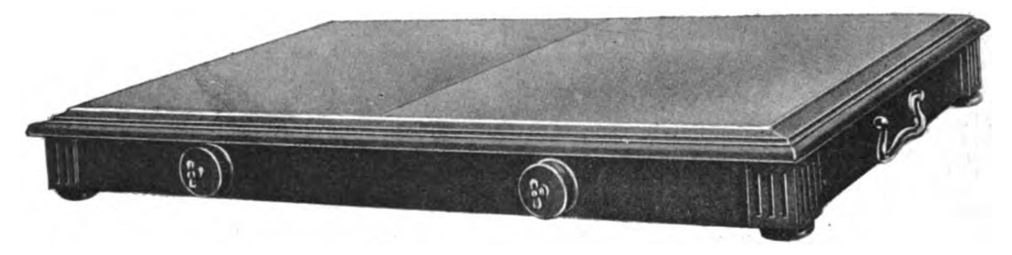


Fig. 1. — Table chauffée à l'électricité ($125^{cm} \times 75^{cm}$).

La température habituellement demandée pour ces fabrications est d'environ 80°; elle correspond à une consommation de 12 à 15 watts par décimètre carré. Cette faible dépense a beaucoup aidé au développement de l'application de l'électricité dans toutes ces industries, où, d'autre part, les risques d'incendie sont si considérables.

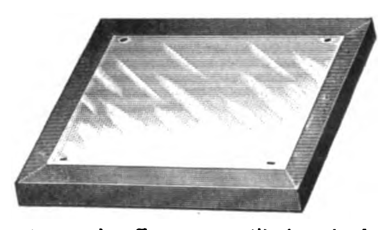


Fig. 2. — Plaque chauffeuse pour l'industrie du celluloïd.

A citer également les marbres d'imprimerie, les plaques chauffantes pour le collage des épreuves photographiques (*fig.* 2), etc.

Cylindres sécheurs pour la papeterie. — C'est de 1820 à 1830 que les premiers cylindres sécheurs ont été employés dans la fabrication des papiers. La disposition adoptée dès cette époque n'a guère été modifiée: le papier humide est conduit par un feutre qui l'applique contre la paroi du cylindre sécheur.

Les cylindres sécheurs ont été chauffés soit par une grille à charbon placée à peu près suivant l'axe, soit, de préférence, par la vapeur. Le premier procédé est quelque peu primitif; le second ne va pas sans danger, car, en raison des dimensions considérables des cylindres, les craintes d'explosion semblent assez fondées. Notons en passant que l'on a établi des cylindres qui n'avaient pas moins de 3^m de diamètre et 3^m de longueur.

Les canalisations de vapeur indispensables à un tel chauffage sont encore une cause d'encombrement et de complications. L'électricité peut rendre, et a déjà rendu d'ailleurs, de très réels services, par la simplification de la distribution et la suppression des risques d'explosion.

En outre, les cylindres, qui n'ont pas de pression à supporter, peuvent être établis dans des conditions très économiques. Il n'y a plus de joints de vapeur et le poids total est considérablement diminué.

Si, dans une installation de ce genre, il faut utiliser les cylindres en usage, on emploie simplement une résistance électrique fixe, placée au centre du cylindre et occupant la place de la grille dans les cylindres où le chauffage se faisait au charbon. On ferme les extrémités du cylindre pour éviter les pertes de chaleur.

Il est préférable, si les dimensions le permettent, d'appliquer les résistances de chauffage contre la paroi intérieure du cylindre et d'amener le courant à la résistance par des bagues et des balais.

C'est d'ailleurs ce dernier procédé qu'il y a lieu d'appliquer lorsque l'on établit les cylindres légers, spéciaux pour chauffage par l'électricité (*fig.* 3).

La facilité de commande et de réglage de chacun des cylindres, qui peuvent être actionnés séparé-

ment, même pendant la marche, présente de grands avantages pour la fabrication.

Si l'on prend une machine moyenne, produisant 60kg de papier à l'heure et dont le papier contient, à

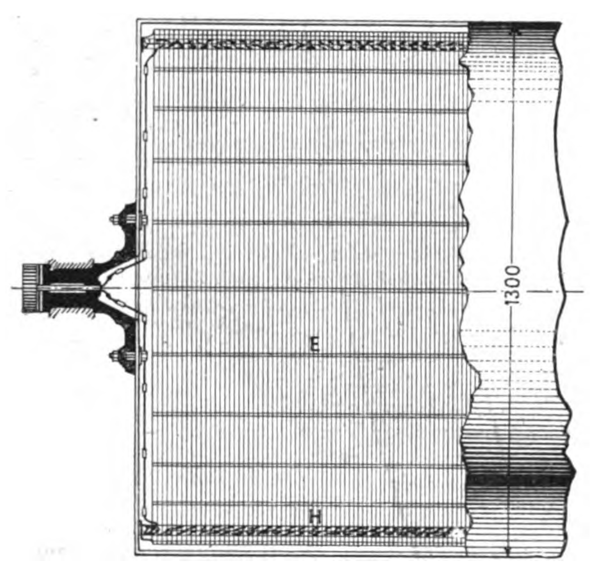


Fig. 3.

l'entrée, 50 pour 100 d'eau, qu'il faut évaporer, on voit que le système électrique à disposer dans les cylindres doit évaporer 30kg d'eau à l'heure. Le séchage doit s'effectuer progressivement pour éviter de crisper le papier. Ainsi, pour un ensemble de trois sécheurs, on opère successivement avec des températures moyennes de 70°, 100° et 130°.

La consommation totale est de 35 chevaux environ, à répartir sur les trois cylindres, à raison de 9, 12 et 14 chevaux, si les diamètres des cylindres sont égaux (*fig.* 4).

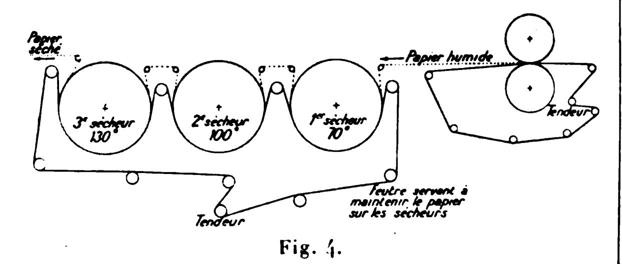


Fig. 4.

Cette consommation d'électricité semble assez considérable, car il faut fournir le nombre de calories nécessaires à l'évaporation de l'eau que contient le papier au sortir des presses. Le surcroît de puissance électrique auquel il faut recourir n'est cependant pas un obstacle à l'application de ce mode de chauffage, car nombre de papeteries disposent d'importantes forces hydrauliques.

CHAUDIÈRES ÉLECTRIQUES. — Ce n'est que dans le cas spécial où l'énergie électrique est obtenue à très bon compte, par les forces hydrauliques, que l'on peut songer à l'emploi de chaudières électriques d'une certaine puissance. En dehors de cette condition, il n'est possible d'utiliser que de très petites chaudières ou générateurs de vapeur, à moins que les circonstances ne s'opposent absolument à tout autre mode de chauffage, comme cela peut avoir lieu dans les théâtres, par exemple.

Les types habituels de chaudières électriques sont la chaudière tubulaire avec chauffage électrique disposé à l'intérieur des tubes et la chaudière multitubulaire avec système électrique enveloppant les tubes, qu'ils soient verticaux ou inclinés.

Je prends, comme exemple, une chaudière capable de produire 400kg de vapeur à l'heure à la pression de 6 kg : cm². La puissance électrique nécessaire est de 500 chevaux; elle est distribuée dans une série de tubes présentant une surface totale de chauffe de 60m². Les dimensions de cette chaudière sont : longueur 4m, diamètre 1m,25. Un tableau électrique commande les divers circuits de chauffage, qui occupent chacun une série de tubes.

FOURS DE BOULANGERIE. — L'application du chauffage électrique aux fours de boulangerie a déjà été signalée ici (1). Quoique peu développée d'abord, aussi bien en raison du prix du courant que de l'incertitude qui accompagne inévitablement une modification aussi complète des habitudes, elle tend à se généraliser maintenant.

Le travail de boulangerie a lieu précisément la nuit, c'est-à-dire au moment où les stations d'électricité ont la presque totalité de leur puissance inutilisée ; il est donc naturel qu'elles aient abaissé dans de très grandes proportions le prix de vente de l'énergie pendant la période de nuit. D'autre part, l'emploi de l'électricité permet un chauffage rapide, une régulation absolument certaine, non seulement d'une fournée à l'autre, mais aussi bien pendant le cours d'une même cuisson. Il convient d'ajouter à ces avantages celui, bien autrement considérable, de la très grande diminution de fatigue du personnel occupé à la panification.

Le four électrique peut être mis en marche en quelques minutes, il ne dégage ni fumée, ni poussières, ni chaleur dans la pièce où se fait la cuisson.

Au point de vue de la consommation, il convient de compter environ 500 watts-heures par kilogramme de pain. C'est une base suffisamment exacte pour que l'on puisse déterminer si l'application de

(1) *La Revue électrique*, t. II, 15 juillet 1904, p. 21.

l'électricité au chauffage d'un four est possible ou non. Les écarts qui résultent du degré d'humidité du pain, du degré de cuisson, de la grandeur du four, etc. n'empêchent pas les chiffres précédents de servir valablement dans l'établissement d'un devis.

Les quelques applications énoncées ci-dessus, relatives au chauffage par l'électricité, suffisent pour montrer tout le parti que l'on peut tirer de ce procédé lorsque les systèmes habituels de chauffage présentent des inconvénients.

Il existe évidemment bien d'autres applications de l'électricité qui permettent de remplacer tout autre agent de chauffage.

Je rappelle, en terminant, son emploi pour le chauffage des voitures de tramways et de chemins de fer électriques, dont j'ai déjà signalé l'importance il y a quelques années ([1]). G. GOISOT.

Sur la soudure du plomb au moyen du chauffage électrique par résistance, par F. HERKENRATH (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XIII, juin 1906, p. 47). — Dans certaines industries et en particulier dans les fabriques d'accumulateurs, les soudures de plomb jouent un rôle important. Pendant longtemps on a employé pour effectuer ces soudures le chalumeau à hydrogène et à air. L'hydrogène était préparé par voie chimique ou par électrolyse ; l'air était produit sous pression par un compresseur ou par une cloche. Ce procédé est cher, long, malpropre et malsain. On a aussi employé le chalumeau à hydrogène et oxygène, beaucoup plus rationnel que le précédent.

Actuellement un procédé très en vogue, en France principalement, consiste à faire la soudure par chauffage électrique. L'appareil se compose simplement d'une baguette de charbon (*fig.* 1) serrée dans une pince en

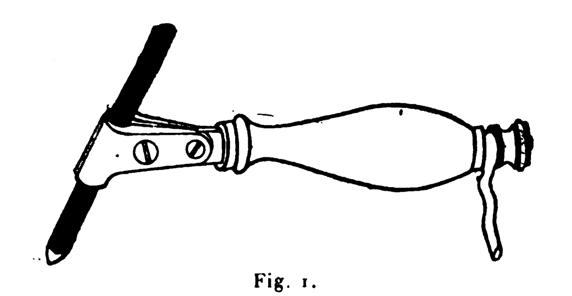


Fig. 1.

laiton à charnière fixée à une poignée en bois et reliée intérieurement par un gros fil de cuivre à la borne de prise de courant. Cette borne est reliée au pôle négatif d'une petite batterie de deux ou trois accumulateurs pas trop petits. Le pôle positif de cette batterie est mis en communication avec la pièce à souder ou bien encore avec une table métallique conductrice sur laquelle reposent les plaques ou feuilles à souder. Dans ces conditions, les impuretés qui peuvent exister se transportent électrolytiquement sur le charbon et ne souillent pas la soudure. La conductibilité du charbon est augmentée

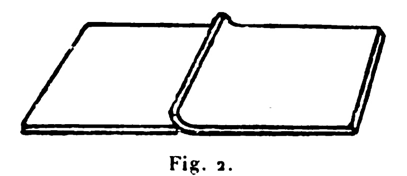


Fig. 2.

en le recouvrant d'un dépôt de cuivre. Sur les parties à souder on met un peu de suif, ce qui facilite la fusion et la réunion des particules de plomb fondu. Lorsque cela est possible, pour la soudure de feuilles de plomb par exemple, on recourbe un peu un des bords comme il est indiqué en figure 2 et l'on rajoute du plomb à l'aide d'une baguette de soudure. Ce procédé est si simple qu'un manœuvre peut l'employer après quelques heures d'apprentissage, ce qui n'est pas le cas du chalumeau, qui nécessite une grande sûreté de main et des ouvriers très habiles.

Ce procédé est en outre économique, simple et commode ; il n'est pas malsain comme le procédé au chalumeau, qui donne lieu à des vapeurs de plomb. Enfin il est sans danger, ce qui n'est pas le cas des chalumeaux à hydrogène. L. J.

Procédé de fusion des substances corrosives. THE RŒSSLER ET HASSLACHER CHEMICAL C°. (Brevet français 366523 du 23 mai 1906). — On rencontre souvent des difficultés dans la fusion de certaines substances corrosives, par suite de la tendance de la matière fondue à attaquer le récipient, cette matière étant elle-même décomposée soit par les actions extérieures, soit par l'action même des parois.

Le procédé Rœssler et Hasslacher consiste à fondre, au moyen d'un courant alternatif, la substance contenue dans un récipient quelconque dont les parois sont refroidies par une circulation d'eau qui maintient entre les électrodes et le récipient une couche non fondue protectrice. La densité de courant est elle-même réglée pour que la substance ne fonde pas autour des électrodes, mais seulement dans une région intermédiaire où a lieu précisément l'adjonction de substance nouvelle non encore fondue remplaçant la substance fondue qui s'écoule. G.

BREVETS RÉCENTS.

Fours électriques : APPLEBY. USAP. 803147, 28 janv. 1905. — BENJAMIN. USAP. 808187, 27 avril 1903. — BOTTOLOMEY et PAGET. BP. 9522, 1905. — DORIAN. USAP. 805783, 27 mars 1905. — GALBRAITH et STEUART. DRP. 166160, 18 nov. 1903. — GIROD. BP. 13690, 14333 et 23402, 1905. — KELLER. DRP. 169201. — KRYPTOL GES. DRP. 168 856, 1er mars 1903. — LIMB. BF. 359854, 4 fév. 1905. — MEHNER. DRP. 166375, 15 janv. 1904. — MYERS. USAP. 806173, 14 fév. 1905. — SOCIÉTÉ ANONYME DE MÉTALLURGIE ÉLECTROCHIMIQUE. DRP. 166562, 9 mars 1904.

([1]) *La Revue électrique*, t. II, 30 octobre 1904, p. 225-232.

MESURES ET ESSAIS.

MESURE ÉLECTRIQUE DES TEMPÉRATURES.

On peut diviser les méthodes électriques de mesure des températures en trois groupes selon le phénomène sur lequel elles sont basées : méthode du couple, méthode de la résistance et méthode mixte, rayonnement et couple.

I. COUPLES THERMO-ÉLECTRIQUES. — L'étude des couples thermo-électriques faite en 1886 par M. Le Chatelier marque une date importante, non seulement pour l'application des procédés électriques, mais aussi pour le développement de la pyrométrie. En effet, ce n'est guère que depuis cette époque que les mesures de température sont réellement entrées dans la pratique industrielle. Le point capital du travail de M. Le Chatelier a été son étude du couple platine-platine rhodié, étude qui a montré la possibilité d'obtenir des résultats concordants par un choix convenable des métaux du couple ; les métaux précédemment employés : fer et palladium par Becquerel et Pouillet (1836), fer et maillechort par Siemens et Halske (1881), sont peut-être ceux qui donnent le plus d'irrégularités.

Le couple platine-platine rhodié à 10 pour 100, ainsi que le couple platine-platine iridié à 15 pour 100, proposé également par M. Le Chatelier à un moment où le prix du rhodium était devenu prohibitif (70^{fr} le gramme), ont l'avantage de donner des résultats assez réguliers, les métaux qui les composent pouvant être obtenus très homogènes, mais ils ont le grave inconvénient d'être chers et de se détruire assez facilement sous l'action de la chaleur et des gaz chauds. Sous l'action prolongée d'une température supérieure à 700° la texture des métaux se modifie, la force électromotrice change et des erreurs pouvant atteindre 60° à 70° se produisent quelquefois (Charpy). Quand le fil a subi cette altération, il faut le recuire à 1200° et refaire la graduation. Placés dans une atmosphère réductrice, les fils de platine se carburent et deviennent très cassants ; il suffit alors d'une légère traction, comme il s'en produit toujours par suite des déformations de la canne pyrométrique sous l'action de la chaleur, pour amener la rupture et la mise hors service du couple. Les cannes en fer qui renferment les couples ne les protègent pas contre cette action, car le fer se laisse aisément traverser par l'oxyde de carbone, aux températures élevées. Les tubes de porcelaine sont plus efficaces à ce point de vue, mais ils sont plus fragiles. Une autre cause de destruction est due à la silice des terres réfractaires employées comme isolant des deux fils ; il se forme, paraît-il, un siliciure de platine qui est extrêmement fragile.

Un des grands avantages des couples Le Chatelier réside dans la facilité de la graduation en se servant de points fixes bien connus : ébullition du soufre, 448° et fusion de l'or, 1065°, par exemple.

Dans l'intervalle de ces températures, la force électromotrice suit très sensiblement la loi exponentielle

$$\log e = a + A \log(t - t_0),$$

e étant la force électromotrice, t et t_0 les température des soudures, a et A des constantes. Cette formule permet d'interpoler assez exactement et sert aussi à extrapoler pour les températures au-dessus de 1065° ; il est évident que dans le cas de l'extrapolation les résultats sont assez arbitraires.

Les couples Le Chatelier donnent des forces électromotrices assez faibles et comme, à cause du prix du métal, on est obligé d'employer des fils de petit diamètre, c'est-à-dire résistants, on est conduit à se servir de galvanomètres sensibles qui sont fragiles et bien délicats pour l'usage industriel. Avec le développement de la pyrométrie on a été amené à rechercher des appareils plus robustes et cela n'a été possible que grâce à l'emploi de couples à force électromotrice plus élevée.

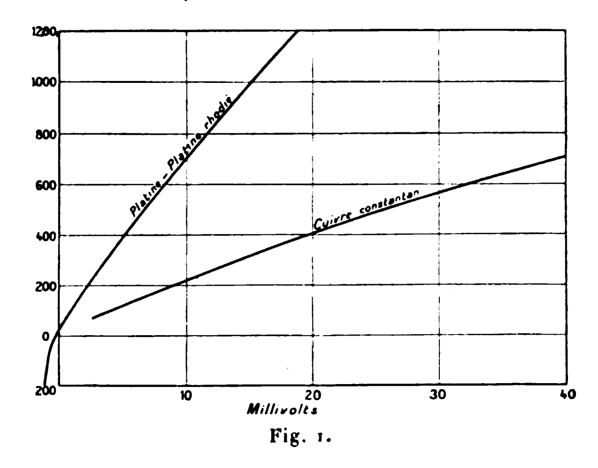


Fig. 1.

L'alliage appelé *constantan*, composé de parties égales de cuivre et de nickel, donne, avec les métaux usuels, des forces thermo-électriques assez élevées et, comme cet alliage supporte facilement des températures supérieures à 1000°, son emploi est tout

indiqué pour les pyromètres gradués au-dessous de cette valeur. Les courbes de la figure 1 permettent de comparer les couples platine-platine-rhodié et cuivre-constantan.

Avec les couples fer-constantan ou cuivre-constantan, on peut, étant donné le prix peu élevé des matériaux, employer des fils ou des lames de grande section, de façon à obtenir une résistance très faible du couple lui-même, ce qui permet de réduire la résistance et la sensibilité du galvanomètre; on arrive ainsi à faire usage de millivoltmètres à *pivots*, semblables aux voltmètres industriels à cadre mobile et aussi robustes.

Les conditions que l'on doit exiger d'un bon pyromètre thermo-électrique sont: 1° Résistance du galvanomètre élevée par rapport à celle du couple, afin de pouvoir négliger cette dernière dont la grandeur varie avec la longueur de la partie chauffée; 2° Coefficient de variation de l'ensemble aussi faible que possible, car les pyromètres sont ordinairement placés dans des milieux à température très variable et souvent élevée, et il faut que l'on puisse négliger cette cause d'erreur.

Quand le coefficient de variation de la résistance du galvanomètre est trop élevé pour être négligé, on peut placer dans le galvanomètre lui-même un thermomètre et faire la correction par le calcul, à moins qu'un dispositif spécial permette de régler la sensibilité et de la ramener à sa valeur normale (shunt magnétique Chauvin et Arnoux).

L'emploi des galvanomètres à pivots avec les couples Le Chatelier exige, par suite de ce que nous avons déjà vu, des fils de platine de grande section et d'un prix très élevé; aussi, pour économiser sur le prix, plusieurs dispositions ont été proposées. Elles consistent presque toujours à réduire les fils de platine à la longueur strictement nécessaire pour traverser la région à haute température et à donner à ces fils une section assez grande pour réduire leur résistance. Les fils de platine viennent alors se souder à des fils de cuivre, dans une région où la température est encore très élevée, et il faut tenir compte de cette température. MM. Chauvin et Arnoux [1] placent, à la soudure la plus éloignée du feu, un autre couple formé de métaux communs qui, par un réglage convenable à l'aide d'un shunt, ajoute sa force électromotrice à celle du couple platine-platine rhodié; cette disposition permet de faire des mesures au delà de 1000° avec un galvanomètre peu sensible.

Du côté du galvanomètre le perfectionnement le plus important a consisté à remplacer les anciens galvanomètres à miroir, qu'il fallait étalonner à chaque opération, par des galvanomètres à index et cadran dont la sensibilité reste constante. Les appareils de ce genre, qu'on emploie aujourd'hui avec les couples Le Chatelier, ont une résistance de 100 à 200 ohms et un coefficient de variation inférieur à 0,001, tandis que le couple lui-même a 1 à 2 ohms de résistance. Les galvanomètres à pivots, que l'on emploie de plus en plus, ont une résistance propre souvent inférieure à 2 ohms, par suite il faut limiter rigoureusement les résistances des connexions; le coefficient de variation est rarement inférieur à 0,002. Certains constructeurs réalisent actuellement des galvanomètres à pivots assez sensibles pour que la résistance dépasse 5 ohms et le coefficient de variation moins de 0,001.

II. PYROMÈTRES A RÉSISTANCE. — La résistance des métaux varie avec la température et la loi de variation est représentée très exactement par la formule empirique

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2),$$

R_0 et R_t étant les résistances à 0° et à t degrés. Le coefficient α est d'autant plus grand que le métal est plus pur. Pour le platine pur α et β ont des valeurs voisines de

$$\alpha = 0{,}004, \qquad \beta = -0{,}000000236.$$

C'est à C.-W. Siemens que l'on doit le premier pyromètre à résistance (1871), mais c'est au professeur Callendar [1] que l'on doit les recherches systématiques qui font actuellement de cet instrument l'un des plus précis pour la mesure des températures élevées.

Les appareils de Callendar sont caractérisés par l'emploi de deux systèmes de conducteurs identiques, l'un destiné à relier la bobine de résistance à l'appareil de mesure, l'autre ayant pour but de faire connaître à chaque instant la résistance du premier afin de la compenser.

Dans les pyromètres à résistance, le galvanomètre agit simplement comme appareil de zéro et il n'a pas besoin d'être gradué; la partie essentielle, après la bobine, est le pont de Wheatstone. Pour l'usage pratique, M. Whipple (Cambridge scientific Inst. Cy) dispose un pont à fil dans lequel le fil est enroulé sur un tambour mobile; en tournant le tambour jusqu'à ce que le galvanomètre placé à côté revienne au zéro, on déplace un curseur sur le fil et en même temps on voit apparaître la température cherchée, dans une fenêtre.

Dans un pyromètre américain, le fil du pont est placé en zigzag sur une planchette et le curseur est un simple petit frotteur métallique que l'on tient à

(1) *La Revue électrique*, t. VI, 15 juillet 1906, p. 23.

(1) *La Lumière électrique*, t. XXIII, 1887, p. 79; t. XLIV, 1891, p. 73.

la main et avec lequel on vient toucher le fil ; ce frotteur est relié à un téléphone connecté d'autre part au sommet opposé du pont de Wheatstone, de sorte que le téléphone fait entendre un bruit quand on touche un point du fil qui n'est pas celui de l'équilibre.

Les pyromètres à résistance semblent attirer beaucoup l'attention en ce moment et de nombreux dispositifs, basés principalement sur l'emploi des ohmmètres, sont signalés de tous côtés ([1]).

III. Pyromètres mixtes. — Cette catégorie renferme uniquement le pyromètre Féry. D'après la loi de Stéfan, le rayonnement total d'un corps noir, chauffé à haute température, croît comme la quatrième puissance de la température absolue de ce corps. M. Féry a eu l'idée d'appliquer cette loi à la construction d'un pyromètre ([2]), en projetant les radiations sur un couple thermo-électrique placé au foyer d'une lunette ou d'un télescope. Le couple employé est composé de fer et de constantan et ses dimensions sont assez petites pour qu'il soit entièrement couvert par l'image du corps observé ; sa température ne s'élève jamais au-dessus de 80°. Un millivoltmètre mesure le courant fourni par le couple et la graduation se fait, expérimentalement, en degrés de température, par comparaison avec un pyromètre thermo-électrique. L'accroissement rapide du rayonnement avec la température permet d'atteindre la sensibilité nécessaire vers 400°, mais il est difficile de descendre au-dessous. Pour les hautes températures, il est facile de réduire la sensibilité en diaphragmant l'ouverture du télescope au moyen d'un obturateur à papillon.

Le pyromètre Féry peut être employé toutes les fois que le corps chaud dont on veut connaître la température est assez grand, ou peut-être assez rapproché pour que son image couvre entièrement la soudure thermo-électrique. Le couple n'étant pas placé dans le milieu à haute température ne subit pas d'altération de ce fait et se conserve très bien ([3]).

IV. Enregistreurs. — Les premiers pyromètres employés étant munis de galvanomètres à miroir, le seul mode d'enregistrement possible était la photographie, mais ce n'était là qu'un procédé de laboratoire et, bien que des savants, comme Le Chatelier, Roberts Austen et autres, en aient tiré des résultats intéressants, l'industrie réclamait des solutions plus pratiques.

Le premier pyromètre enregistreur réellement pratique paraît avoir été celui de Callendar. Dans cet appareil, le galvanomètre agit comme indicateur d'équilibre, il oscille entre deux butées formant contact. Tant que l'équilibre n'est pas atteint, un courant auxiliaire fourni par une pile passe de l'index du galvanomètre au contact correspondant et de là à un électro ; ce dernier débraie un mécanisme qui commande le déplacement du curseur d'un pont à fil ou d'un potentiomètre à fil et le curseur glisse le long du fil jusqu'à la position d'équilibre. A ce moment le galvanomètre, ne recevant plus de courant, abandonne le contact et les choses restent en l'état jusqu'à ce qu'un nouveau déréglage se produise. La plume de l'enregistreur est solidaire du curseur et son mouvement est commandé par le mécanisme auxiliaire, qui doit avoir la force nécessaire pour éviter les erreurs dues au frottement ; de plus, comme le mouvement de la plume se fait en ligne droite, les ordonnées sont rectilignes, avantage que l'on ne trouve pas dans les enregistreurs ordinaires. Malheureusement la délicatesse de l'appareil et son prix élevé en restreignent l'emploi aux laboratoires bien outillés ; il paraît cependant être assez répandu en Angleterre.

La faiblesse de la force directrice dans les galvanomètres sensibles servant comme pyromètres fait qu'il est difficile de laisser frotter la plume directement sur le papier d'un enregistreur. On tourne la difficulté en faisant des tracés par points : la feuille de papier est soulevée, à intervalles réguliers, jusqu'à venir en contact avec la plume portée par l'index (Compagnie des Compteurs), ou, inversement, la plume est abaissée sur le papier (Siemens et Halske). Dans ces conditions, le galvanomètre est entièrement libre pendant la plus grande partie du temps et il peut prendre sa position d'équilibre. Avec les millivoltmètres à pivots, la force directrice est plus grande et l'on peut laisser la plume frotter d'une manière continue (Chauvin et Arnoux) ; l'avenir paraît être aux enregistreurs de cette dernière catégorie, car la robustesse et la simplicité sont les deux qualités primordiales d'un appareil industriel.

V. Applications. — Le champ des applications des pyromètres est extrêmement étendu et les divers systèmes que nous venons de passer en revue sommairement permettent de résoudre, d'une façon satisfaisante, la plupart des problèmes qui se posent, à la condition de faire un choix judicieux de l'appareil.

Quelques exemples concrets feront mieux comprendre la façon d'envisager le problème. Soit à conduire un four à porcelaine de façon à obtenir des cuissons très régulières. Avons-nous besoin, dans ce cas, de connaître la température exacte ? Cela

---

([1]) Northrup, *American Institute of Electrical Engineers*, mai 1906. — Bruger, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 31 mai 1906.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 28 avril 1902, p. 977.

([3]) Une étude sur les nouveaux pyromètres Féry a été publiée ici au début de l'année (*La Revue électrique*, t. V, 30 janvier 1906, p. 33).

n'est évidemment pas indispensable. D'ailleurs, dans le courant de gaz chaud, la température n'est pas la même en tous les points et les objets soumis à la cuisson ne sont pas eux-mêmes à la même température. Dans ces conditions, un pyromètre quelconque, pourvu qu'il soit installé de façon à suivre les *variations de température,* fournira d'excellents résultats relatifs et permettra, lorsque, par une expérience préalable, on aura déterminé les indications qui correspondent à une bonne marche, de conduire le feu de façon à obtenir toujours une marche identique. Les conditions que l'on doit imposer à un pyromètre pour cet usage sont donc de ne pas varier avec le temps et de ne pas se détériorer sous l'action de la chaleur et des gaz. Beaucoup d'installations de ce genre ont été faites avec des couples thermo-électriques ; on pourrait évidemment obtenir d'aussi bons résultats avec des pyromètres à résistance ou de Féry.

S'agit-il de tremper séparément de petites pièces, on place, à côté de l'objet à tremper, une pièce de fer renfermant un couple thermo-électrique et l'on suit la marche du galvanomètre, en ayant soin de régler le feu de façon que l'objet à tremper et la pièce de fer aient toujours la même couleur. Dans ces conditions, la trempe peut se faire à moins de 10° près.

Dans la cémentation, on loge les pièces à cémenter dans des caisses en fer que l'on place dans un four approprié. La température des pièces est évidemment celle de la caisse et il suffit alors de mesurer cette dernière, ce qui peut se faire très aisément avec le pyromètre Féry, puisqu'il suffit d'observer la surface de la caisse, laquelle est toujours assez grande pour que son image couvre le couple thermo-électrique de la lunette.

Quelle est la précision que l'on doit exiger des pyromètres industriels ? Lorsqu'un pyromètre indique à 10° près, et beaucoup d'appareils fournissent actuellement cette exactitude, il semble qu'il doit suffire à la plupart des opérations courantes de l'industrie ; en effet, sauf de rares exceptions, les écarts de température dans l'intérieur d'un four sont assez considérables et il est difficile d'affirmer qu'il y a moins de 10° de différence d'un point à un autre. La grande précision dont est susceptible le pyromètre à résistance n'est intéressante que pour les laboratoires et pour des expériences délicates.

VI. POINTS CRITIQUES. — Parmi les applications les plus récentes des couples thermo-électriques, il faut citer celle qu'a faite M. Dejean pour la déternation des points critiques.

On sait que, lorsqu'on chauffe un corps susceptible de subir, sous l'action de la chaleur, une transformation quelconque, la température varie irrégulièrement à l'échauffement et au refroidissement ; la constance de la température pendant la fusion est un exemple de ce phénomène. L'expérience montre que toute anomalie de la courbe d'échauffement ou de refroidissement d'un corps correspond à une modification plus ou moins profonde de ce corps. L'emploi des enregistreurs, qui permet d'obtenir, d'une manière continue, la loi d'échauffement ou de refroidissement en fonction du temps, donne à ce point de vue des résultats fort intéressants et l'on peut observer ainsi, très facilement, les points de transformation principaux des fers, des aciers et des alliages. Dans beaucoup de cas, cependant, ces points critiques échappent à l'observateur, car il faut, pour les mettre en évidence d'une façon bien nette, des conditions particulières, de chauffage ou de refroidissement, qui ne sont pas toujours réalisables.

Une solution plus perfectionnée a été indiquée par M. Roberts Austen ; elle consiste à enregistrer la différence de température de deux éprouvettes placées dans le même foyer : l'une étant le corps étudié, l'autre composée d'un corps ne présentant aucun point critique dans les températures considérées. M. Saladin a modifié heureusement cette méthode ([1]) en employant deux galvanomètres à miroir disposés de façon à imprimer à un rayon lumineux, émanant d'une lampe, un mouvement composé et à lui faire tracer, sur une plaque sensible, une courbe dans laquelle la déviation d'un galvanomètre est donnée en fonction de la déviation de l'autre. On comprend facilement que, si l'un des galvanomètres dévie proportionnellement à la température de l'éprouvette témoin et l'autre proportionnellement à la différence de température des deux éprouvettes, on obtiendra sur la plaque une courbe dont les crochets indiqueront des points critiques. La nécessité d'avoir un corps neutre comme témoin limite les applications de cette méthode, car il est difficile de dire si le point observé appartient au corps neutre ou au corps étudié. Une solution plus complète a été étudiée au laboratoire du Creusot, par M. Dejean ([2]), et a permis d'obtenir déjà des résultats intéressants, en particulier sur la solidification du cuivre ([3]).

L'observation des points critiques reposant sur la variation de la vitesse d'échauffement ou de refroidissement du corps étudié, un appareil, donnant directement cette variation $\frac{d\theta}{dt}$ en fonction de θ, doit permettre d'obtenir des résultats plus exacts que

([1]) *Association internationale des Méthodes d'essai,* 28 février 1903. — *Revue de Métallurgie,* t. I, février 1904, p. 134.

([2]) *Revue de Métallurgie,* t. II, septembre 1905, p. 701.

([3]) *Revue de Métallurgie,* t. III, mai 1905, p. 233.



celui qui donne $\theta = f(t)$, car la différentiation de cette dernière fonction ne peut être faite que d'une manière approximative sur la courbe. L'appareil de M. Dejean, connu sous le nom de relais Schneider-Carpentier, résout assez bien le problème. Un galvanomètre Deprez-d'Arsonval a un cadre formé de deux enroulements séparés ; si un des enroulements est relié à un couple thermo-électrique placé dans le corps étudié, le cadre dévie en fonction de la

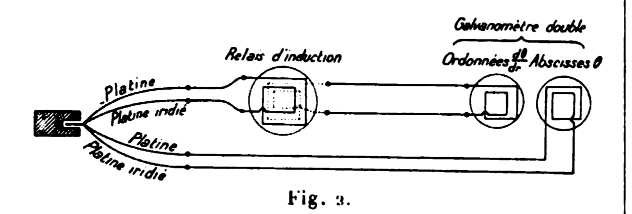


Fig. 2.

température. Le mouvement du cadre mobile engendre, dans le second enroulement, une force électromotrice induite, exactement proportionnelle à la vitesse de variation de la température, c'est-à-dire à $\frac{d\theta}{dt}$. Si le deuxième enroulement est relié à un galvanomètre à cadre mobile ordinaire, ce dernier dévie à son tour et d'une manière à peu près proportionnelle à $\frac{d\theta}{dt}$. En combinant le relais d'induction et le galvanomètre double de M. Saladin, on obtient un dispositif enregistrant directement $\frac{d\theta}{dt}$ en fonction de θ. Le schéma est simple (*fig.* 2) ; un des galvanomètres de l'appareil de M. Saladin est relié

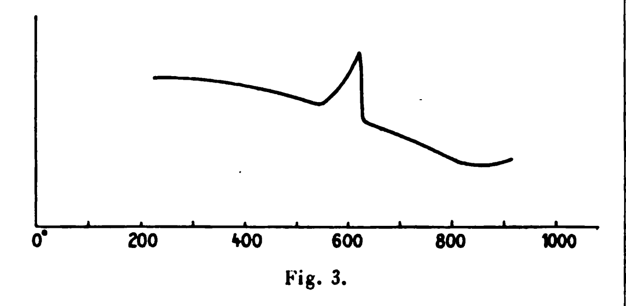


Fig. 3.

à un couple thermo-électrique placé à côté de celui qui commande le relais d'induction, c'est le galvanomètre des abscisses θ ; l'autre est relié au second enroulement du relais, c'est le galvanomètre des ordonnées $\frac{d\theta}{dt}$. La figure 3, qui représente la solidification de l'aluminium, montre bien la sensibilité de cette méthode qui est susceptible d'un très grand nombre d'autres applications.

H. ARMAGNAT.

COMPTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

Compteurs à dépassement. — Dans la vente de l'énergie électrique à forfait, mode très employé dans les stations hydrauliques, la station vend à l'abonné l'énergie au cheval-an ou au kilowatt-an, c'est-à-dire qu'elle lui donne le droit d'employer à son gré une certaine puissance qu'elle met à sa disposition durant toute l'année. L'abonné ayant traité pour une certaine puissance, 10 kilowatts par exemple, ne doit évidemment pas utiliser davantage ; sinon il porte préjudice à la station. Les compteurs à dépassement ont pour but d'éviter ce préjudice en permettant de faire payer à l'abonné, à un tarif spécial, tout ce qu'il utilise au delà des 10 kilowatts auxquels il a droit, mais seulement cet excédent ou dépassement.

L'appareil ne doit donc commencer à fonctionner que lorsque la puissance utilisée dépasse le forfait de 10 kilowatts et, de plus, n'enregistrer, à partir de ce moment, que l'énergie surpassant celle que l'abonné paie déjà d'après son forfait.

L'énergie totale dépensée est

$$W = \sum_0^t ei\,dt$$

pendant le temps du fonctionnement.

L'abonné a droit à l'énergie

$$W' = \sum_0^t c\,dt$$

pendant le même temps, c étant, dans l'exemple choisi, égal à 10 kilowatts, puissance du forfait.

L'appareil devra donc enregistrer

$$W - W' = \sum_0^t ei\,dt - \sum_0^t c\,dt = \sum_0^t (ei - c)\,dt.$$

Pratiquement, le problème peut être envisagé ainsi. Un compteur d'énergie quelconque donne

$$W = \sum_0^t ei\,dt.$$

Si l'on peut faire agir sur le même appareil enregistreur un couple qui pendant le même temps t diminue l'indication de

$$W' = \sum_0^t c\,dt,$$

le problème sera résolu. On peut évidemment y arriver en opposant au couple du compteur représenté, à une constante près par ei, un couple constant représentant c, de sorte qu'à chaque instant le couple agissant est à une constante près K

$$K(ei - c)$$

et l'énergie enregistrée

$$\sum_0^t (ei - c)\, dt,$$

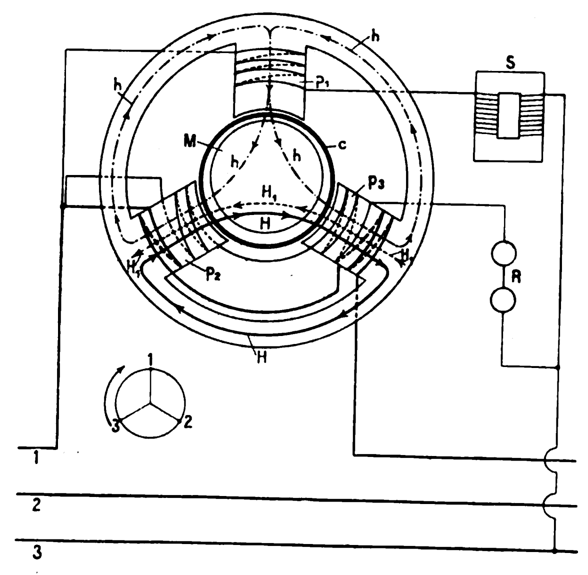
c'est-à-dire ce qu'il faut compter en réalité quand on dépasse le forfait *c*. Naturellement, quand on n'atteint pas le forfait

$$ei < c,$$

le compteur tournerait à l'envers et décompterait; un cliquet permettra d'empêcher ce mouvement en arrière en agissant sur un rochet fixé sur l'arbre même du compteur sans gêner la marche en avant.

Compteurs « Cosinus B. L. » à dépassement pour circuits monophasés et triphasés équilibrés de la Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs et autres appareils. — On peut très simplement obtenir le couple constant opposé au couple moteur du compteur en utilisant un des éléments de la distribution électrique, par exemple la *tension* dans les réseaux à potentiel constant.

La figure ci-jointe représente le dispositif adopté par la Compagnie Continentale pour les circuits monophasés et triphasés équilibrés.



Le compteur se compose en principe d'un induit en forme de cloche C, en aluminium, qui peut se mouvoir dans l'entrefer compris entre le noyau M et la masse à trois pôles p_1, p_2, p_3, en fer feuilleté qui porte les bobinages inducteurs appropriés produisant le champ tournant.

Un circuit à gros fil bobiné sur p_2 et p_3 donne un flux H proportionnel au courant.

Un premier circuit de tension enroulé sur p_1 et comportant une self-induction S importante donne un flux *h* décalé en arrière de la tension E de la valeur nécessaire pour que la réaction simultanée de H et de *h* sur l'induit C donne un couple moteur proportionnel à l'énergie consommée.

Un deuxième circuit de tension est enroulé sur p_2 et p_3 en sens inverse du circuit à gros fil et comprend une grande résistance extérieure R. Par suite, le flux H qu'il produit est très peu retardé sur la tension E, donc présente avec *h* une grande différence de phase, et la réaction de ces deux flux *h* et H sur l'induit donne un champ tournant qui entraîne le mobile avec un couple notable constant si la tension est constante et opposé au couple moteur. Un frein par courant de Foucault proportionnel à la vitesse complète la partie électrique du compteur.

On donne au couple antagoniste la valeur voulue et déterminée par le forfait demandé, en agissant convenablement sur R. Par exemple, considérons un compteur d'une puissance de 20000 watts; on pourra régler la résistance R de façon que le compteur ne commence à enregistrer que si la puissance instantanée dans le réseau de consommation dépasse 8, ou 10, ou 12 kilowatts, suivant que la puissance convenue par le forfait est de 8, ou 10, ou 12 kilowatts. Et il enregistrera, comme nous l'avons vu, seulement l'énergie en dépassement.

Au-dessous de la puissance du forfait, un dispositif spécial du cliquet et de rochet empêche le mouvement arrière sous l'influence du couple constant dû à la tension seule, sans toutefois influencer la marche en avant.

Du reste, le dispositif de dépassement employé n'altère en rien le bon fonctionnement du compteur et l'enregistrement exact sur circuits non inductifs aussi bien qu'inductifs.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils de mesure divers : François. BF. 362215, 6 janv. 1906 (radiomètre électrostatique pour la mesure des rayons X). — Gano. USAP. 817843, 24 juillet 1905 (ampèremètre). — Gerard. USAP. 818534, 14 juin 1905 (appareil indiquant la nature des rayons qui composent l'effluve). — General Electric Cy. BP. 19036, 1905. — Hartmann et Braun. DRP. 171674, 31 janvier 1905 (essai d'aimants); 173811, 8 juillet 1905 (ohmmètre à lecture directe). — Hertzberg, Snyder et autres. BP. 10959, 1905. — Holden et Chamberlan. BP. 14511, 1905. — Hoyt. USAP. 821292, 7 juin 1904 (voltmètre). — Kallmann. DRP. 170818, 3 juin 1905 (dispositif pour augmenter la sensibilité des appareils de mesure électriques). — Krukowsky. DRP. 170872, 14 septembre 1905 (dispositif pour mesurer toutes les grandeurs d'un courant alternatif de fréquence quelconque par compensation au moyen de courant continu). — Landund Seekabelwerke. DRP. 173844, 27 août 1905 (mesure de la résistance des terres). — La Roche et Rypinski. USAP. 819071, 8 nov. 1904. — Leeds et Northrup. USAP. 819355, 2 août 1905 (potentiomètre). — Lehr. USAP. 824696, 24 juin 1904 (voltmètre à courant alternatif). — Lienekampf. BP. 235, 1906 (appareil photographique pour l'enregistrement de phénomènes électriques). — Loos. DRP. 170233, 14 juin 1905 (pont pour la vérification des parafoudres). — Meyer (Paul). DRP. 165776, 21 déc. 1905. — Morrison. USAP. 812436, 17 juin 1905 (wattmètre enregistreur). — Nilmelior (Société d'Électricité). BF. 365067, 10 avril 1906.





DÉMARREURS DANS L'HUILE.

Certaines applications du moteur électrique exigent des appareils de manœuvre particulièrement robustes et de fonctionnement sûr; c'est le cas des presses à imprimer et de tous les appareils de levage : grues, monte-charges, ponts-roulants, treuils de mines, etc.

Pour ces différents services on a depuis quelque temps reconnu de grands avantages aux démarreurs dans l'huile. Dans ces appareils, l'échauffement des dièces de contact est négligeable, les étincelles de rupture sont moins destructives et, en définitive, l'usure des pièces et les dépenses d'entretien sont fortement diminuées.

A ces raisons vient parfois s'adjoindre une question de sécurité : par exemple, dans les mines grisouteuses, les moulins, les usines qui utilisent des produits volatils inflammables, les démarreurs dans l'huile sont tout indiqués.

La **Société Industrielle des Téléphones** construit couramment des appareils de ce genre dont nous mettons quelques types sous les yeux des lecteurs de la *Revue électrique*.

Fig. 1.

La figure 1 représente des démarreurs de construction très simple et susceptibles de nombreuses applications, pour lesquels toute description détaillée serait superflue. Les résistances sont placées au-dessus du cadran de démarrage et l'ensemble est compact et peu encombrant.

Indépendamment de ces appareils courants, la **Société Industrielle des Téléphones** a fréquemment l'occasion de construire des démarreurs qui doivent répondre à des conditions spéciales. La figure 2, par exemple, représente un des contrôleurs actuellement en service sur les nouvelles grues électriques d'un de nos grands ports. Chacune d'elles comprend deux contrôleurs : l'un commande le moteur de levage, l'autre le moteur de giration; le service de ces grues est particulièrement dur puisque, destinées au déchargement des bateaux de charbon, elles travaillent parfois sans interruption pendant 24 ou 30 heures consécutives à raison d'un très grand nombre de manœuvres à l'heure.

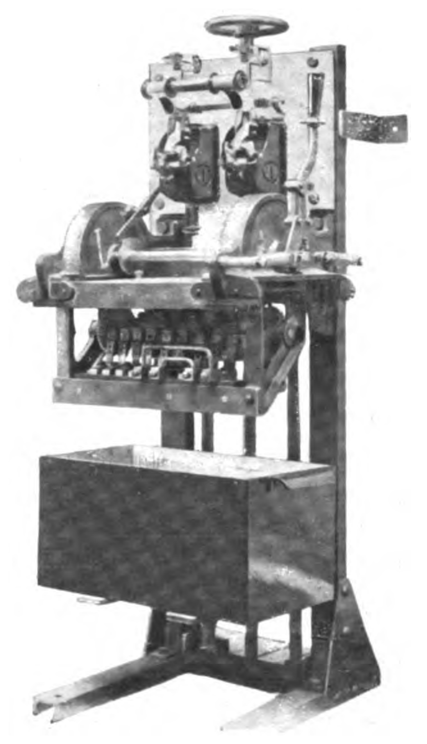


Fig. 2.

Comme on peut le voir sur la figure, les cylindres qui portent les bagues de contact sont horizontaux;

les frotteurs, en cuivre rouge, sont portés sur des ressorts plats en bronze phosphoreux dont on peut régler la position en cas d'usure; les bagues sont également en cuivre rouge et interchangeables; elles sont d'ailleurs, comme les frotteurs, du modèle employé par la Société dans les contrôleurs de tramways. La commande se fait au moyen d'un levier vertical par l'intermédiaire de roues dentées; cette disposition permet d'obtenir toutes les positions du contrôleur par un déplacement angulaire assez faible du levier, et rend la manœuvre facile et rapide. En déplaçant le levier en avant la benne est relevée; en arrière on la fait redescendre. Si le mécanicien abandonne son levier le contrôleur revient automatiquement à la position d'arrêt, ce qui a pour effet de couper le courant du moteur et en même temps de mettre en action le frein automatique.

Afin de permettre la visite des contacts le bac à huile peut être descendu et remis en place par la simple manœuvre d'un volant.

Ces contrôleurs sont complétés par des disjoncteurs à maxima qui fonctionnent en cas de démarrage trop brutal. Un enclenchement spécial oblige alors l'opérateur à ramener le contrôleur au zéro avant de refermer les disjoncteurs et de rétablir ainsi le courant.

Un autre type de démarreur fort intéressant et de conception originale est représenté par la figure 3; il s'agit ici d'appareils destinés à mettre en route successivement un moteur de 6 HP et un moteur de 50 HP.

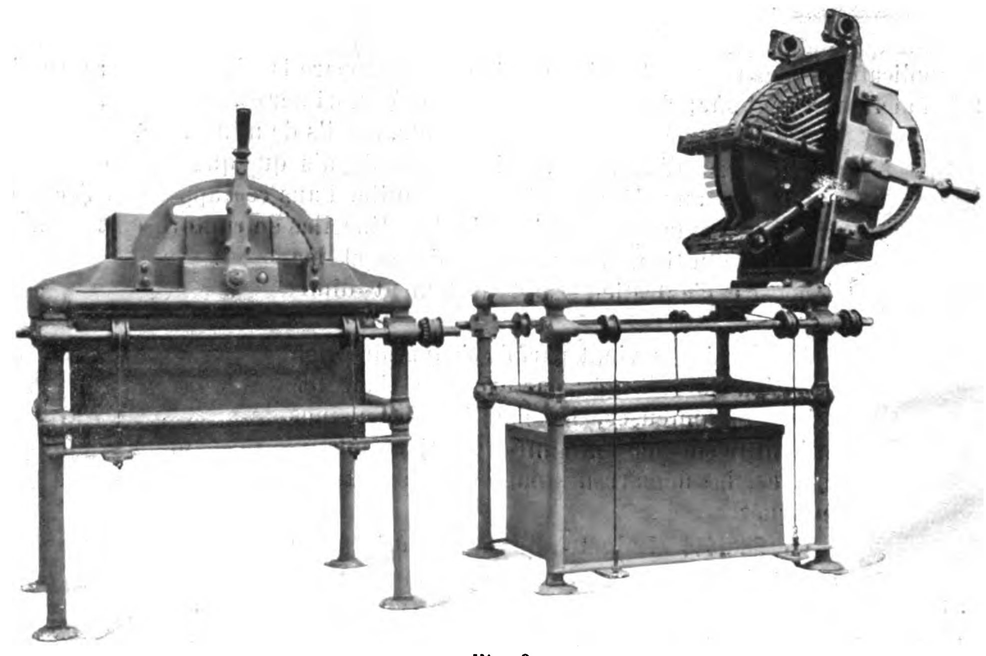


Fig. 3.

Les pièces utilisées sont celles des appareils dénommés par le constructeur *contrôleurs type Borne;* les plots y sont fixés sur des ardoises et les frotteurs sont montés sur des pistons à ressort. On remarquera non seulement la facilité avec laquelle on peut abaisser la cuve à huile au moyen d'un petit treuil, mais encore la possibilité que l'on a de faire basculer toute la partie supérieure de l'appareil, de manière à visiter les contacts.

Chaque démarreur est muni d'un levier unique, qui, après avoir armé un disjoncteur à minima sur lequel nous reviendrons tout à l'heure, effectue successivement la mise en route des deux moteurs, l'arrêt du plus faible et enfin le réglage de la vitesse du plus puissant.

Le disjoncteur à minima dont nous avons parlé, qui est destiné à couper le courant en cas de rupture du circuit d'excitation comme dans les démarreurs ordinaires, peut en outre être actionné à distance. En ce cas, un nouveau démarrage des moteurs n'est possible qu'après le retour du levier au zéro et la remise au repos de l'organe, au moyen duquel s'est effectuée la commande à distance.

Nous espérons que ces brèves descriptions auront réussi à intéresser les lecteurs de la *Revue électrique* en les renseignant sur les progrès les plus récents que la **Société Industrielle des Téléphones** a réalisés dans l'appareillage électrique.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.

L'importance technique de l'étude de la décharge. — Si les praticiens ont presque toujours, jusqu'ici, négligé les phénomènes de décharge dans les gaz, s'ils se sont généralement bornés à mettre en équations les phénomènes dont les conducteurs seuls sont le siège, cela tient uniquement à ce que les lois qui régissent le passage de l'électricité par étincelles sont encore mal connues.

Une théorie complète de la commutation dans les machines génératrices doit, en effet, tenir compte des effets résultant de la formation d'étincelles au collecteur. Le calcul des surtensions produites dans les lignes de transmission par l'ouverture ou la fermeture d'un interrupteur, la discussion des conditions que doivent remplir les parafoudres et limiteurs de tension nécessitent également que l'on sache comment s'établit et disparaît l'étincelle ou plutôt l'arc qui se manifeste entre les pôles de l'interrupteur ou du parafoudre. Dans la télégraphie sans fil, la connaissance des propriétés de l'étincelle est encore plus nécessaire, puisque dans cette application de l'électricité c'est l'étincelle même qui joue le rôle prépondérant. Il en est encore ainsi dans les applications électrochimiques, comme la production de l'ozone, de l'acide azotique, etc., où les phénomènes chimiques sont provoqués par la décharge dans les gaz.

Or, parmi les propriétés de l'étincelle, celle qu'il importe de connaître en premier lieu pour le traitement mathématique du phénomène électrique dont un circuit est le siège, est la variation de résistance que provoque la production d'une étincelle dans ce circuit, en d'autres termes la résistance qu'oppose l'étincelle au passage du courant qui la constitue elle-même. L'article suivant donne un résumé de nos connaissances actuelles sur ce sujet.

Résistance de l'étincelle électrique. — L'étincelle est une forme particulière de courant électrique dans les gaz et sans doute une des formes les plus complexes qui s'offrent à notre étude.

Dans les conditions ordinaires de température et de pression, les gaz sont fort peu conducteurs. Un corps électrisé, isolé dans un gaz sec, ne perd son électrisation que fort lentement, alors même que son potentiel présente une différence notable avec celui des conducteurs environnants. Mais la conductibilité peut s'accroître beaucoup sous diverses influences : par exemple, si le gaz est traversé par des rayons de Röntgen ou de Becquerel, des rayons ultra-violets, des rayons cathodiques, s'il est en contact avec des substances radioactives ou s'il est porté à une température très élevée.

Cette conductibilité présente d'ailleurs des caractères différents de ceux que nous observons sur les conducteurs solides ou liquides, ou tout au moins elle ne paraît pas suivre des lois aussi simples.

L'expérience nous montre qu'il existe un rapport constant entre l'intensité I du courant qui traverse un conducteur et la différence de potentiel V entre les extrémités de ce conducteur. Ce rapport R définit la résistance du conducteur : l'équation

$$R = \frac{V}{I}$$

exprime la loi d'Ohm. En disant que R est constant, nous entendons par là, non pas que sa valeur est invariable d'une manière absolue, mais seulement qu'elle est indépendante de V et de I.

D'autre part, cette équation se vérifie jusqu'aux plus petites valeurs de V et l'on peut provoquer le passage du courant dans le conducteur par une force électromotrice aussi faible qu'on le veut.

Il en est de même pour un gaz, rendu conducteur par un phénomène indépendant du courant lui-même. Autrement le courant ne se produit dans le gaz que sous l'action d'une différence de potentiel supérieure à une certaine limite (plus exactement, l'intensité croît brusquement dans une proportion considérable quand cette limite est atteinte).

A cet égard, le gaz ne suit donc pas la loi d'Ohm. Il s'en écarte encore d'ailleurs à d'autres points de vue. Le long d'un conducteur homogène de section uniforme, le potentiel varie suivant une fonction linéaire de la longueur : le gradient du potentiel est constant et indépendant de l'intensité. Dans les gaz, ce gradient n'est constant que dans des cas très particuliers et encore seulement à quelque distance des électrodes : il peut même présenter des oscillations (décharge stratifiée). La plupart du temps il est même impossible de représenter par une loi unique la variation de ce gradient tout le long du courant; celui-ci étant formé par des régions juxtaposées de propriétés différentes. Le postulat qui sert de base à la démonstration de la loi d'Ohm, à savoir qu'il n'y a dans aucune section du courant accumulation ou raréfaction de l'électricité, est en défaut.

Une autre complication résulte encore de ce fait

que la section du conducteur gazeux n'est pas définie. Elle est en général très différente de celle des électrodes et varie avec l'intensité du courant.

Au voisinage immédiat des électrodes, on constate presque toujours une chute brusque de potentiel : c'est-à-dire qu'entre l'électrode et un point du gaz pris à une distance très petite, la différence de potentiel est finie et a une valeur très notable, se chiffrant par volts ou même par centaines de volts. Il s'ensuit que, si on voulait exprimer la résistance par le quotient de la différence de potentiel entre les électrodes et de l'intensité, on trouverait une valeur beaucoup trop grande, en quelque sorte comme si, dans le calcul de la résistance d'un électrolyte, on ne tenait pas compte de la force contre-électromotrice de polarisation.

Remarquons encore que la température exerce une influence énorme sur la conductibilité d'un gaz et que, notamment dans le cas de l'étincelle, cette température est en relation étroite avec le courant.

Assurément rien n'empêche de définir dans chaque cas particulier, j'entends par là, pour un gaz dans des conditions de température et de pression déterminées, traversé par un courant d'intensité donnée ou sous une différence de potentiel donnée, par une forme déterminée de la décharge (courant des pointes, lueurs, aigrette, arc), la résistance par l'équation d'Ohm. Mais le facteur ainsi défini dépendant de nombreux paramètres, n'aura plus, comme il est évident, la signification et l'importance pratique qu'il possède dans le cas des conducteurs solides ou liquides.

Si l'on construit, ainsi que l'ont fait différents expérimentateurs, les courbes *caractéristiques*

$$V = f(I),$$

la résistance sera représentée par le coefficient angulaire du rayon vecteur joignant l'origine au point de coordonnées (V, I) qui représente le régime de courant.

C'est là une première définition.

Dans les conducteurs qui obéissent à la loi d'Ohm, la quantité de chaleur dégagée par le courant est égale à

$$Q = 0,24\,RI^2 t \text{ cal.:g.}$$

(R en ohms, I en ampères, t en secondes) : c'est la loi de Joule. D'où

$$R = \frac{Q}{0,24\,I^2 t}.$$

Cette équation nous fournit une seconde définition de la résistance.

Enfin, si nous désignons par C la capacité d'un circuit (en microfarads), L la self-induction (en henrys), R la résistance (en ohms), l'équation des oscillations qui se produiront dans ce circuit sera

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} \sin 2\pi \frac{t}{L},$$

où

$$T = 2\pi . 10^{-3} \sqrt{CL}.$$

Le facteur

$$e^{-\frac{R}{L}T}$$

représente le rapport des amplitudes de deux oscillations consécutives : l'exposant

$$\frac{R}{L}T = 2\pi\, 10^{-3} R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

s'appelle le décrément logarithmique des oscillations.

Supposons que nous ayons mesuré ce décrément : la relation ci-dessus pourra nous servir à définir R.

Ces trois modes de définition se confondent quand la loi d'Ohm est vérifiée ; mais il n'en est plus nécessairement ainsi quand le conducteur n'obéit pas à cette loi. Nous allons nous en convaincre en examinant les résultats des mesures effectuées sur l'étincelle.

Résistance de l'étincelle d'après l'énergie électrique dépensée. — Heydweiller et plus récemment Lindemann [1] et Koch [2] ont cherché à déterminer la résistance de l'étincelle d'après l'énergie électrique dépensée dans cette étincelle.

Koch trouve que la caractéristique est représentée avec une exactitude remarquable par l'équation

$$V = a + \frac{b}{i},$$

où a et b dépendent de la longueur de l'étincelle.

A la vérité, il tire ce résultat d'expériences effectuées non sur l'étincelle même, mais sur le courant par lueurs et sur l'arc. Or, dans ce cas, l'intensité peut être maintenue constante, tandis qu'il n'en saurait être de même dans l'étincelle. Koch suppose néanmoins, dans une première approximation, que la formule est encore applicable. La quantité d'énergie dépensée dans l'étincelle est alors

$$W = \int_0^{t_1} V i dt = b t_1 + a C(V_0 - V_2),$$

t_1 étant la durée du phénomène, C la capacité du condensateur, V_0 la différence de potentiel initiale, V_2 la différence de potentiel résiduelle, c'est-à-dire celle qui subsiste quand la décharge a cessé (indépendamment de la polarisation résiduelle du diélectrique). L'énergie dépensée ne serait donc pro-

(1) *Annalen der Physik*, t. XII, décembre 1903, p. 1012.
(2) *Ibid.*, t. XV, décembre 1904, p. 865.



portionnelle au temps que si le second terme était négligeable vis-à-vis du premier. En fait, il est souvent plus grand. C'est seulement quand la résistance du circuit extérieur devient très grande que V_2 se rapproche de V_0 et par suite que W tend à devenir proportionnel à t_1.

Les caractéristiques permettent de calculer les valeurs que prennent la différence de potentiel et l'intensité au moment de l'extinction de l'étincelle et par suite la résistance de cette dernière au même moment. Ce sera une limite supérieure R_M. Pour une même longueur de l'étincelle, R_M dépend de la résistance r du circuit extérieur. Ainsi, pour une étincelle de 2^{mm}, Koch a trouvé :

pour $r = 2:10^4$ ohms $\quad R_M = 8,6 :10^4$ ohms
» $\quad 9:10^5$ » $\quad$ » $\quad 1,34:10^6$ »

Dans le cas où r est très grand, on peut calculer, par un procédé analogue, une limite inférieure R_m. On a trouvé ainsi, dans les mêmes conditions, respectivement, $R_m = 1,3.\ 10^3$ et $7,3.\ 10^4$ ohms.

Définition de la résistance par l'énergie de l'étincelle. — Lindemann détermine la quantité d'énergie W dépensée dans l'étincelle. Il l'évalue par la différence entre l'énergie électrique totale E et l'énergie recueillie sous forme de chaleur dans le circuit extérieur. Cette différence est toujours supérieure à la chaleur dégagée dans l'étincelle, telle qu'on la mesure dans le thermomètre de Riess, par exemple. Elle comprend, en effet, outre cette chaleur, l'énergie dépensée sous forme mécanique (expansion du gaz par suite de l'élévation de température, bruit de l'étincelle) ou sous forme de travail absorbé dans la pulvérisation des électrodes, etc.

L'énergie de l'étincelle, comme nous appellerons par abréviation cette différence, sera fonction de la différence de potentiel initiale, de la résistance r du circuit de décharge en dehors de l'étincelle et de la capacité. D'après les expériences de Riess, la quantité de chaleur dégagée dans chaque portion du circuit est proportionnelle à la résistance de cette portion. Admettons que cette loi s'applique à l'étincelle : nous définirons ainsi une résistance x, par la relation

$$\frac{W}{E} = \frac{x}{r+x},$$

ou

$$x = r\frac{W}{E-W}.$$

Visiblement, cette résistance n'aura pas la signification simple de la résistance d'un corps solide, d'autant plus qu'elle ne représentera qu'une valeur moyenne : elle n'obéira pas à la loi d'Ohm.

Lindemann a trouvé que x décroît quand la différence de potentiel initiale augmente; elle augmente avec la résistance extérieure, la différence de potentiel initiale et la capacité restant constantes; enfin, toutes choses égales d'ailleurs, elle diminue quand la capacité augmente. Sans entrer dans la discussion détaillée de ces résultats qui nous entraînerait trop loin, on peut voir que la résistance diminue quand l'intensité maximum du courant tend à augmenter : la température du gaz s'élevant davantage, sa conductibilité augmente.

Les nombres trouvés par l'auteur pour des capacités comprises entre 0,005 et 0,021 microfarad, des différences de potentiel de quelques milliers de volts, des résistances extérieures de quelques dizaines d'ohms, oscillent entre 1 et 2 ohms.

Résistance d'après l'amortissement. — On pourra chercher quelle résistance solide il faut substituer à l'étincelle pour obtenir la même valeur de $\gamma = \frac{R}{L}$; cette résistance sera équivalente, au point de vue de l'amortissement, à la résistance de l'étincelle.

Simons (¹) a employé cette dernière méthode; il a obtenu ce résultat que l'étincelle présente une résistance d'autant plus faible que la quantité d'électricité transportée est plus grande (l'étincelle est d'autant plus blanche et brillante). Mais les nombres qu'il trouve sont très faibles : 0,05 ohm pour une étincelle de 4^{mm}; 0,16 ohm pour une étincelle de 13^{mm}.

Drude (²) trouve que l'amortissement varie peu avec la longueur de l'étincelle quand celle-ci est faible ($0^{mm},5$ à 1^{mm}); il croît d'une manière notable quand cette longueur devient plus grande.

La résistance calculée d'après les valeurs de γ ne dépend guère de la longueur de l'étincelle, mais beaucoup de la capacité C et de la self-induction L; elle diminue quand C augmente et que L diminue.

Pour une étincelle de $1^{mm},5$ environ, cette résistance oscille entre 2 et 0,2 ohms.

Il convient de remarquer que, d'après Zenneck (³), l'équation exponentielle

$$A = A_0 e^{-\gamma\frac{t}{T}}$$

ne représente pas exactement la variation de l'amplitude quand le circuit renferme une étincelle. Le rapport des amplitudes de deux oscillations consécutives, au lieu d'être constant, croît quand l'amplitude diminue, lentement d'abord, puis rapidement.

Conclusion. — Il résulte de ce qui précède une seule conséquence générale : c'est que la résistance de l'étincelle diminue sous toutes les influences qui augmentent l'intensité du courant. On s'explique assez bien ce résultat; car, en accroissant l'intensité,

(¹) *Annalen der Physik*, t. XIII, mai 1904, p. 1014.
(²) *Annalen der Physik*, t. XV, décembre 1904, p. 709.
(³) *Annalen der Physik*, t. XIII, avril 1904, p. 822.

on augmente l'élévation de température du gaz et par suite sa conductibilité.

Quant aux valeurs mêmes de la résistance, elles diffèrent énormément suivant la définition adoptée, ce qui n'a rien de surprenant, si l'on considère les conditions complexes dans lesquelles se produit l'étincelle. On conçoit aisément qu'on ne puisse traduire, *par un seul coefficient,* les propriétés d'un pareil conducteur. Il faut se résoudre à traiter chaque cas en particulier.

Au point de vue pratique, les déterminations qui ont le plus de valeur sont évidemment celles qui s'appuient sur la mesure de l'amortissement, facteur dont le rôle est des plus importants dans la télégraphie hertzienne. M. Lamotte.

RADIOACTIVITÉ.

Recherches sur la teinture naturelle ou artificielle de quelques pierres précieuses sous les influences radioactives, par M. BERTHELOT (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 8 octobre, p. 477-489). — On sait que les pierres précieuses naturelles, constituées pour la plupart par des corps brillants, transparents, durs et peu altérables à l'air et à l'eau, sont susceptibles de présenter des variétés possédant une même composition chimique générale, mais sous des teintes multiples et souvent fort recherchées. Les conditions naturelles dans lesquelles a eu lieu cette véritable teinture d'une même substance chimique sont d'ordinaire mal connues, et pour cette raison l'auteur a fait des expériences synthétiques et analytiques en vue de déterminer et reproduire les conditions de coloration de diverses gemmes violettes, notamment les améthystes. Ce sont les résultats de ces expériences qui forment l'objet de ce Mémoire.

La première expérience a porté sur du quartz améthyste naturel. La coloration de ce quartz est attribuée à du manganèse à la dose de quelques millièmes et suroxydé; mais on ignore quelles conditions ont pu déterminer au sein de la terre cette suroxydation, accomplie dans la plupart des cas dans des profondeurs où la lumière ne pénètre pas.

Quelques cristaux de ce quartz ont été décolorés par chauffage dans un tube de verre à la température de 300°; la décoloration eut lieu le 22 août et au début d'octobre des cristaux témoins étaient restés incolores, bien qu'ils eussent été conservés au contact de l'air et même exposés à une insolation directe fort intense pendant 70 heures; d'autres cristaux furent soumis, immédiatement après leur décoloration, à l'action de chlorure de radium enfermé dans un tube de verre; ils étaient séparés de ce sel radifère par deux parois de verre d'une épaisseur totale de plus de 1mm et par une feuille de papier à filtre; examinés le 15 septembre et le 6 octobre, ces cristaux accusaient un commencement de recoloration très net.

Dans une seconde expérience on a opéré avec un tube de quartz fondu demeuré parfaitement incolore après une année de conservation à la lumière diffuse, bien qu'il contînt des traces de manganèse. Mis à côté d'un tube de verre contenant une ampoule scellée renfermant du chlorure de radium, il commençait, quelques semaines après, à se colorer en violet dans la région située vis-à-vis du sel de radium et cette coloration n'a pas cessé de croître.

Une troisième expérience a été faite avec la fluorine (fluorure de calcium) violette, à laquelle les minéralogistes donnent également le nom d'améthyste; décolorée par l'action de la chaleur, cette fluorine a repris une coloration violette, mais moins rapidement que le quartz, sous l'action du chlorure de radium.

D'autres expériences furent effectuées sur le verre plombeux (cristal) contenant des traces de manganèse. On sait que ce verre se colore sous l'action d'une insolation prolongée et des rayons cathodiques. Sous l'action du radium la coloration est plus rapide : elle est noire à la surface et violette dans les parties profondes où ne peuvent pénétrer que les radiations très pénétrantes. M. Berthelot a constaté que, comme avec le quartz améthyste, cette coloration disparaît par le chauffage et reparaît sous l'action du radium, dans l'obscurité et à travers deux épaisseurs de verre.

De ces expériences et de quelques autres pour la description desquelles nous renvoyons au Mémoire original, M. Berthelot tire les conclusions suivantes :

« Ces expériences établissent à la fois l'existence et le rôle des radiations souterraines dans les colorations initiales si singulières que présentent les gemmes naturelles. Elles rendent compte des oppositions qui existent entre la stabilité de certaines teintures, telles que celles du corindon, et l'instabilité pyrogénée de certaines autres, tantôt irréversibles (c'est-à-dire non reproductibles par le radium), parce qu'elles ont été produites par des matières organiques détruites sans retour (fluorine verte), tantôt, au contraire, réversibles, parce qu'elles sont engendrées par un métal, tel que le manganèse, qui subsiste après décoloration et qui peut être ramené à la couleur initiale (quartz améthyste). Il y a là tout un champ fécond d'expériences synthétiques. »

Action toxique et localisation de l'émanation du radium, par Ch. BOUCHARD et V. BALTHAZARD (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 23 juillet 1906, p. 198-201). — A la séance du 6 juin 1906, de l'Académie des Sciences, les auteurs annonçaient que, d'après des expériences faites en collaboration avec P. Curie, l'émanation du radium est toxique pour les animaux, souris et cobayes, lorsqu'elle est introduite par la voie respiratoire. Dans la Note qui nous occupe ils relatent des expériences dans lesquelles des cobayes ont succombé aux effets de doses extrêmement faibles d'émanation produite d'une façon continue par une substance radioactive placée dans le péritoine à l'intérieur de sacs de collodion. Les capsules surrénales et, en général, les glandes à sécrétion interne sont les lieux d'élection de l'émanation; cette localisation explique peut-être l'action stimulante qu'exercent sur les sécrétions les eaux minérales radioactives, lorsqu'elles sont prises à la source.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société d'énergie électrique de Grenoble et Voiron. — A l'Assemblée générale du 25 mai 1906, le Conseil d'administration a déposé le Rapport suivant :

Nos diverses branches de recettes sont toujours en progression.

Les recettes générales pour vente d'énergie (tramways non compris) atteignent 156614^{fr},10, en amélioration de 13771^{fr},55 par rapport à celle de l'exercice antérieur. La recette spéciale du courant livré aux tramways, en augmentation de 2239^{fr},85, atteint 47823^{fr},60, dépassant de plus de 4000^{fr} la recette minima garantie par la Compagnie des Tramways. Par suite d'un nouvel accroissement du Service des Tramways, leur consommation d'énergie continue sa marche ascendante durant les premiers mois de 1906.

Les dépenses générales d'exploitation atteignent 107918^{fr},95, dépassant de 3600^{fr},71 celles de 1904.

Cette différence provient principalement d'augmentation de 1500^{fr} sur impôts et de 5200^{fr} sur entretien de la distribution; augmentations partiellement compensées par une réduction de 3100^{fr} de la main-d'œuvre de l'usine. Ce dernier chapitre de nos dépenses s'améliorera encore, au cours de cette année, grâce à l'heureuse influence de la batterie tampon installée à la sous-station des tramways et qui, facilitant sensiblement le service des usines génératrices, permettra d'en réduire le personnel.

Les dépenses de l'exploitation des tramways sont en amélioration de 7103^{fr},88 sur celles de 1904, principalement par suite d'une réduction considérable de la durée de la marche à vapeur exceptionnellement prolongée en 1904 par l'intensité de la sécheresse. L'année 1905, sauf dans ses deux premiers mois, a été normale au point de vue climatérique.

Aussi notre clientèle se présente-t-elle en augmentation sensible. Nous alimentions, au 31 décembre 1905, environ 1228 chevaux de force et 7276 lampes de 10 bougies placées, en augmentation d'environ 131 chevaux de force et 1211 lampes de 10 bougies.

Sur notre bilan au 31 décembre 1905, se manifeste l'amélioration simultanée de notre situation financière et de notre exploitation industrielle.

A l'Actif, le compte « souscription d'actions » a totalement disparu; le solde de 99225^{fr} restant dû sur les actions nouvelles a été versé au cours de l'exercice.

Les comptes de premier établissement ont été débités pour travaux neufs en 1905, de 56316^{fr},03, mais ces mêmes comptes ont été réduits :

	fr
Par l'amortissement statutaire de	33775,65
Par l'amortissement spécial au moyen des recettes du compte « installations en location » de	2145,70
Total des amortissements	35921,35

Reste comme augmentation des comptes de premier établissement :

56316^{fr},03 — 35921^{fr},33 = 20394^{fr},70.

La somme de 56316^{fr},03 comprenait principalement l'installation presque totale de la batterie tampon et l'acquisition de l'immeuble abritant nos ateliers et magasin à Grenoble.

Les comptes « Caisses et banques et débiteurs divers » ne présentent pas de variations intéressantes.

Les approvisionnements divers sont en diminution de 7000^{fr} environ; nous tendons à les réduire le plus possible.

Au Passif, nos divers comptes créanciers ont été réduits de 120000^{fr} environ par l'exécution intégrale de notre transformation financière. Leur solde se présente à 81073^{fr},55 et diminuera encore pendant l'exercice en cours.

Notre dette « obligation » a passé de 142500^{fr} à 139500^{fr} par suite du remboursement de six obligations désignées par le sort.

Le compte « Profits et pertes » se présente comme suit :

	fr
Bénéfice d'exploitation générale	57820
— tramways	28493,05
Produit du portefeuille	8000
Produits divers	138,10
Total	94451,15
A déduire :	
Frais d'administration	8499,26
Intérêts divers	10884,26
Amortissements statutaires	33775,63
Amortissement (frais généraux, 1er établissement)	1470

Reste, bénéfice 1905 : 94451^{fr},15 — 54629^{fr},15 = 39822^{fr}.

en augmentation de 30010^{fr},88 sur celui de l'exercice précédent.

Ce résultat satisfaisant rendrait possible l'attribution d'un dividende à chacune des catégories d'actions de notre Société.

En vue de consolider notre situation financière, nous vous proposons de ne distribuer un dividende qu'aux actions de priorité pour lesquelles il constitue l'exercice d'un droit éventuel et de porter le surplus au compte de dividendes réservés, déjà ouvert l'an dernier. Le projet de répartition que nous vous proposons serait donc le suivant :

Somme à répartir : 39822^{fr}.

	fr
Réserve statutaire	1991,10
Dividende 5 % aux actions privilégiées	12233,27
Compte de dividendes réservés	25597,63
Total égal à la somme à répartir	39822

Si vous adoptez cette répartition, le dividende proposé serait mis en distribution à partir du 1er juin. Le compte « dividendes » réservés atteindrait en totalité 30614^{fr},45.

Nous vous rappelons que ce compte est affecté au dividende des actions ordinaires pour les exercices ultérieurs, après que les bénéfices de ces exercices auront assuré le dividende réservé aux actions privilégiées.

Catalogues, notices et prix courants. — Parmi les publications de ce genre, nous ont été adressées celles des sociétés et constructeurs suivants :

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE. — Une notice concernant de nouveaux types de *Condenseurs et pompes à air*, utilisant les propriétés des éjecteurs de vapeur étudiées depuis quelques années par M. Maurice Leblanc et exposées en partie par ce dernier dans une conférence faite au début de l'année devant la Société française de Physique.

Société générale des condensateurs électriques (Fribourg, Suisse). — Une notice très intéressante sur la construction et les diverses applications des *Condensateurs Moscicki*, dont il a déjà été question dans ce journal (t. II, 30 sept. 1904, p. 178; t. III, 15 mars 1905, p. 155 et 160).

E. Ducretet. — Une notice sur le *Transformateur électrolytique de Faria*, appareil qui est décrit dans ce numéro (p. 296).

Compagnie française Thomson-Houston. — Une description de ses *Interrupteurs pour hautes tensions*.

G. Goisot. — Un catalogue concernant les *Appareils de chauffage par l'électricité*, pour applications industrielles, domestiques, médicales et scientifiques.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — Turbo-alternateurs de 13500 chevaux. — Les maisons Brown-Boveri, de Baden, et Franco Tosi, de Legnano, viennent de mettre en construction cinq grands groupes électrogènes pour la nouvelle usine génératrice de Buenos-Ayres. Chacun de ces groupes comprend une turbine à vapeur système Parsons qui donne normalement, à la vitesse angulaire de 750 t : m, 7500 kilowatts, soit 11000 chevaux environ; en surcharge sa puissance peut être poussée pendant 2 heures à 9000 kilowatts, soit 13000 chevaux. Ces groupes fournissent du courant triphasé sous 12500 volts à 25 ou 50 périodes par seconde. En vue de diminuer le nombre des unités en réserve, l'une des turbines commande en même temps un alternateur à fréquence 25 et un à fréquence 50, chacun d'une puissance correspondante à la pleine puissance de la turbine. Ce groupe électrogène, le plus puissant du monde entier, pèse, avec son condenseur à surface, 376 tonnes et son prix, rendu posé, atteint un million de francs environ. Il est entièrement construit par la maison Brown-Boveri, qui est également chargée de la construction d'un autre groupe et de la fourniture de tout le matériel électrique de l'usine (dont la puissance prévue atteindra 100000 kilowatts). La maison Franco Tosi construit les trois turbines restantes.

Distribution. — Le régime futur a Paris. — Le Préfet de la Seine vient de transmettre au Conseil municipal un nouveau Mémoire concernant le régime futur de l'électricité à Paris, et faisant connaître les conditions de l'accord intervenu entre les Secteurs et MM. Schneider et Mildé.

D'après cet accord la concession serait réduite à vingt années pour la période définitive; mais le régime provisoire ne commencerait que le 1er janvier 1908 et durerait six ans. Quant aux prix de vente de l'énergie pour l'éclairage, ils seraient, par kilowatt-heure, de 0fr,80 ou 0fr,70 pendant la période transitoire et de 0fr,70 ou 0fr,60 pour la période définitive; l'énergie électrique utilisée pour la force motrice serait de 0fr,35 par kilowatt-heure pour l'une et l'autre période. Les redevances des abonnés pour location et entretien des compteurs et colonnes montantes sont également indiquées : elles sont relativement très élevées.

Quant au régime technique de la période définitive, il ne paraît pas nettement établi. Le Préfet fait valoir au Conseil municipal que MM. Mascart et Picou considèrent les conditions techniques proposées comme « les meilleures que l'on puisse obtenir dans l'état actuel ». Mais il semble bien que ce seront précisément les conditions techniques de l'*état actuel* qui seront maintenues dans le régime définitif puisque la distribution continuera à se faire par courants alternatifs à 40-42 périodes et par courant continu avec 3 ou 5 fils.

Pendant vingt-sept ans il n'y aura donc pas grand' chose de changé dans le régime technique. Quant au régime commercial, s'il accorde une réduction sur les prix de vente vraiment exorbitants actuellement en pratique, il prévoit des redevances fixes tellement élevées qu'il est à présumer que l'éclairage par l'électricité restera pendant de longues années encore un éclairage de luxe à Paris, alors que dans toutes les autres grandes villes il est déjà très largement répandu.

Téléphonie. — Cable téléphonique, système Pupin, du lac de Constance. — Ce câble, qui va de Friedrickshofen, en Wurtemberg, à Romanshorn, en Suisse, a une longueur totale d'environ 13km. Sa pose fut d'abord effectuée en septembre 1905; mais il fut endommagé pendant cette pose et des défauts se manifestèrent aux endroits où étaient intercalées les bobines d'inductance qui constituent, comme on sait, la caractéristique du système Pupin. Il fut relevé et réparé et posé de nouveau sans incident en août dernier, et depuis cette époque assure les communications téléphoniques entre Stuttgart, Munich et Berlin d'une part et Berne d'autre part.

Le câble est constitué par des conducteurs à 7 fils, isolés par l'air sec et du papier et enfermés dans une enveloppe de plomb de 3mm d'épaisseur; à l'intérieur de celle-ci est un fort fil d'acier enroulé en spirale, destiné à empêcher sa déformation sous la pression de l'eau qui en certains endroits atteint 60atm. L'enveloppe est elle-même protégée par une armure de 40 fils de fer de 4mm de diamètre; aux extrémités, sur une longueur d'environ 500m, l'armure est renforcée. Le diamètre du câble est de 5cm; aux endroits où sont placées les bobines d'induction, le diamètre atteint 15cm.

Avis. — Concours pour pile et accumulateur. — L'Association des Industriels de France, 3, rue de Lutèce, rappelle que le Concours international ouvert pour une pile primaire et un accumulatenr électriques sera clos le 31 décembre prochain.

« The Electrician » Electrical Trade's Directory and Handbook nous demande de prier les électriciens français non encore inscrits dans cet important Annuaire d'électricité, d'envoyer à Salisbury Court, Fleet Street, à Londres, leurs noms, professions et adresses (adresse télégraphique et numéro de téléphone). Ajoutons que l'insertion de ces indications est gratuite.

Société internationale des électriciens. — A la prochaine séance, du mercredi 5 décembre, seront faites les Communications : de Ch.-Ed. Guillaume sur les *Principes scientifiques de l'éclairage* (expériences); D. Korda, sur la *Télégraphie rapide, système Pollak Virag* (expériences et projections).

Tome VI. N° 71. — 15 décembre 1906.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

DYNAMOS ET ALTERNATEURS.

Réflexions sur la construction moderne des machines dynamos, par F. ZIEHL (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 11 octobre 1906, p. 956-961). — L'auteur étudie un système de construction de machines qui permet d'employer le plus possible de parties mécaniques communes pour dynamos à courant continu, à courants alternatifs, moteurs monophasés et polyphasés, telles que : arbres, paliers, culasses, moyeux d'induits, tôles de stators et de rotors, etc., ce qui doit permettre une diminution des frais d'établissement de ces machines (dessins, modèles).

Cette méthode permet également d'utiliser pour toutes les machines le même outillage, les mêmes gabarits; elle assure, par suite, une fabrication rationnelle en série.

L'auteur a observé que peu à peu les différentes machines ont pris les mêmes formes extérieures; mais cette unité de forme est toute superficielle et les parties composantes sont traitées d'une manière toute différente, suivant qu'il s'agit de machines à courant continu ou de machines à courant alternatif, et cela à tort d'après l'auteur : toutes les machines électriques ont la même origine (car les machines à courant continu ne sont que des machines à courants alternatifs munies d'un commutateur) et leur construction peut être inspirée des mêmes principes.

L'auteur considère le moteur à champ tournant comme la machine dont la construction actuelle est la plus parfaite : le fer et le cuivre y sont parfaitement utilisés, les enroulements sont en tambour, assez fortement divisés et noyés dans le fer, l'entre-fer est réduit à sa plus faible valeur (limitée par des considérations mécaniques).

Il est encore à remarquer que son poids et ses dimensions pour une puissance donnée sont réduits au minimum et plus faibles que pour tous les autres genres de moteurs, bien que le calcul théorique des diamètre et longueur d'induit amène à des dimensions plus grandes que celles d'un moteur à courant continu.

Le moteur à courant continu, dans sa forme actuelle, paraît avoir atteint la perfection, et son poids et ses dimensions sont plus considérables que pour le moteur à champ tournant; il serait donc indispensable de sortir des chemins battus et d'étudier le moteur à courant continu d'une façon toute différente.

Soit (*fig.* 1) le diagramme des ampères-tours d'un moteur à champ tournant, AW_r représente les ampères-tours résultant de la composition des ampères-tours d'induit AW_2 avec les ampères-tours inducteurs AW_1.

Pour le moteur à courant continu, le diagramme est donné par la figure 2 où l'on a supposé que le diamètre d'induit, le nombre de pôles et le nombre d'ampères-tours induits étaient les mêmes que pour le moteur à champ tournant; les deux diagrammes sont d'ailleurs dessinés à la même échelle.

Comparons ces deux diagrammes, nous voyons que

dans le cas du moteur triphasé, les ampères-tours produisant le champ principal sont à peu près 25 à 30 pour 100 des ampères-tours de l'induit; au contraire,

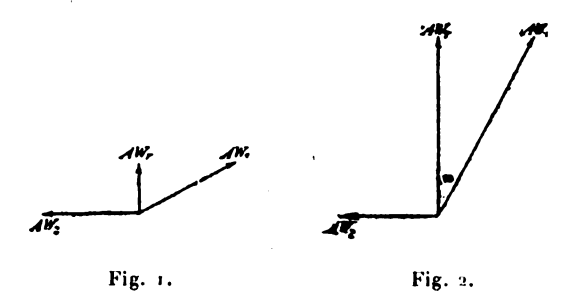


Fig. 1. Fig. 2.

pour la machine à courant continu, de construction récente, ils sont de deux à trois fois ceux de l'induit, dans le but d'obtenir: premièrement une faible torsion du champ et deuxièmement pour obtenir une faible chute de tension; sur la figure 2 l'angle compris entre AW_1 et AW_2 donne une mesure de la torsion du champ et le rapport $\frac{AW_2}{AW_1}$ une mesure pour la chute de tension; si ces deux valeurs doivent être petites, il faut que l'excitation soit aussi forte que possible.

Pour réduire ces inconvénients, il est possible d'employer une force magnétomotrice proportionnelle à la charge et agissant en sens inverse des ampères-tours de l'induit; l'auteur atteint ce résultat en changeant simplement le moteur à champ tournant en moteur à courant continu, l'induit est seulement muni d'un collecteur en remplacement des bagues. Les enroulements fixes sont couplés de telle sorte que les forces magnétomotrices s'ajoutent géométriquement (*fig.* 3 diagramme d'un moteur triphasé, *fig.* 4 diagramme d'un moteur à courant continu compensé); les ampères-tours de I représentent l'excitation, la résultante AW_g de II et de III les ampères-tours devant faire équilibre aux ampères-tours de l'induit AW_2.

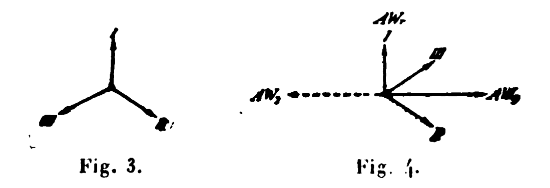


Fig. 3. Fig. 4.

La machine construite d'après ce principe a, vis-à-vis de la machine de construction ordinaire, l'avantage que le champ principal n'a plus de distorsion, car les ampères-tours AW_2 compensent exactement la réaction d'induit; le calage des balais est fixe.

Dans cette nouvelle machine, la réluctance de l'entrefer peut être aussi faible que les considérations mécaniques le permettent, le nombre d'ampères-tours inducteurs est réduit au minimum; comme l'enroulement est régulièrement partagé tout autour du stator, que de plus il est logé dans le fer, la nouvelle machine exige une quantité de cuivre beaucoup plus faible que la machine de construction ordinaire.

Après avoir indiqué que Menges, Ryan, Fischer-Hinnen, Eichberg et surtout Déri ont déjà proposé cette solution, l'auteur donne des coupes de moteurs à courant continu et à courant alternatif montrant que toutes les parties mécaniques telles que : arbres, plateaux, paliers, culasses, etc., sont les mêmes dans les deux cas.

L'auteur fait encore observer que les épaisseurs de tôles peuvent être différentes dans le stator et le rotor: 1° Machine à courant continu, tôles du stator épaisses et tôles du rotor minces; 2° Machines à champ tournant, tôles du stator minces et tôles du rotor épaisses; par suite, l'emploi de deux sortes de tôles n'apporte aucun trouble ni augmentation de prix.

En ce qui concerne les différents modes d'excitation de la machine, il est clair que la machine série peut être enroulée comme le moteur triphasé ordinaire, induit, enroulement d'excitation et circuit de compensation étant parcourus par le même courant.

La machine shunt demande une légère modification au poinçonnage des tôles du stator, car l'enroulement en fil fin exige plus de place, il doit être mieux isolé, car il est soumis à toute la tension de la machine; on poinçonne alors les tôles comme l'indiquent les figures 5 et 6.

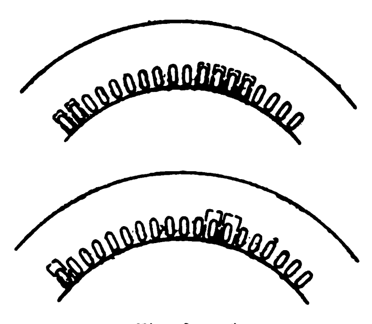


Fig. 5 et 6.

La machine compound se construit de la même façon; il est utile de remarquer que le nombre de spires de l'enroulement gros fil doit être très faible, car la réluctance est réduite au minimum et le nombre d'ampères-tours total d'excitation est lui-même très faible.

Cette construction peut non seulement être utilisée par les machines à courant continu et à champ tournant ordinaire, mais elle peut encore être employée pour les génératrices compensées ou compoundées, d'après Heyland, et aussi pour les génératrices à double champ (*E. T. Z.*, 1905, p. 617).

Il est également possible de construire un alternateur excité par du courant continu et compensé de la même manière, bien que la réalisation soit beaucoup plus compliquée (*fig.* 7). La simple lecture de cette figure permet de se rendre compte du fonctionnement.

La construction de commutatrices d'après les mêmes principes est également possible.

L'auteur donne un certain nombre de types de machines exécutées; il est à remarquer qu'elles sont toutes munies de carcasses en fonte laissant nues les tôles du stator et formant de plus ailettes de refroidissement;

ce mode de construction a été inspiré à l'auteur par la vue de machines américaines, principalement de la General Electric (voir *E. T. Z.*, 1902, p. 236).

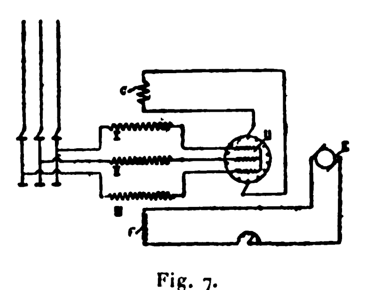


Fig. 7.

Afin de donner une idée de la grande utilisation de la matière par cette construction, l'auteur cite un moteur de 110 chevaux, 220 volts, 600 t : m, dont le poids est de 1365^{kg} seulement. L'élévation de température des enroulements ne dépasse en aucun point 35° C.

Ces résultats sont obtenus par l'adoption des dispositions précédemment passées en revue et par l'emploi de canaux de ventilation qui augmentent considérablement la surface de refroidissement et qui, en outre, par des dispositions convenables, activent la circulation de l'air si des ailettes convenablement disposées sur la partie tournante agissent à la manière d'un ventilateur.

La question de ventilation est en même temps une question de rendement, le rendement étant en raison inverse de la ventilation; il convient donc de ne pas aller trop loin dans cette voie.

Par suite de ses faibles pertes à vide, le moteur à courant continu compensé présente une courbe de rendement qui se rapproche de celle du moteur triphasé de même puissance, tandis que le moteur à courant continu ordinaire a une courbe de rendement moins favorable pour les petites charges.

L'auteur donne ensuite les différentes capacités de charge d'un même moteur fonctionnant à courant continu, à courant monophasé, à courant triphasé et qui sont les suivantes :

	Puissances.	Poids.
Moteur à courant continu avec champ sinusoïdal............................	1	1
Moteur à courant continu avec champ à peu près uniforme....................	1,18	1
Moteur à courant monophasé............	0,71	1
Moteur asynchrone ou synchrone phasé..	0,955	1

Le nouveau moteur est donc supérieur au moteur triphasé alors que ce dernier est de beaucoup supérieur au moteur à courant continu ordinaire.

Le but de l'auteur, qui se proposait d'obtenir un moteur de qualité comparable au moteur triphasé en utilisant les mêmes éléments de construction, paraît donc bien atteint.

Alternateur avec champ auxiliaire pour la compensation directe de la réaction d'induit, par A. HEYLAND (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 1er novembre 1906, p. 1011 à 1014). — Par une modification simple apportée à la construction d'un alternateur, l'auteur transforme ce dernier en une machine parfaitement compoundée pour toute charge et pour tout déphasage du courant. Ce résultat est d'autant plus heureux qu'il vient à la suite d'une série de nouveautés qui toutes avaient pour objet de combattre la réaction d'induit, aussi bien dans la construction des dynamos à courant continu que dans celle des alternateurs.

La qualité et la stabilité d'une machine sont influencées en première ligne et en sens inverse par le choix du rapport entre la charge de l'induit et l'excitation des inducteurs ou mieux par la réaction d'induit.

D'une part, les machines à forte charge d'induit ont l'avantage de posséder un meilleur rendement, un poids moindre et un échauffement moindre que les machines avec charge d'induit plus faible et champ plus fort, et permettent à ce point de vue une meilleure utilisation de la matière. D'un autre côté ces machines ont une forte réaction d'induit qui agit d'une façon désastreuse sur le fonctionnement : 1° des machines à courant continu dont les balais crachent ; 2° des alternateurs en en exagérant la chute de tension.

Cet effet de la réaction d'induit dans les alternateurs est d'autant plus marqué que le déphasage du courant augmente, car le courant déwatté produit un effet démagnétisant sur le champ principal; il en résulte un affaiblissement de ce champ et par suite une chute de tension proportionnelle.

Dans les machines normales les constructeurs ont cherché à se tenir dans un juste milieu et à choisir une charge d'induit plus basse, un champ plus fort que ne l'exigeraient les meilleures conditions d'utilisation de la matière, de sorte que l'influence de la réaction d'induit sur la stabilité de la machine reste dans les limites normales.

Ces machines sont par conséquent plus lourdes et plus grandes que les machines à forte réaction et représentent des machines qui ne fonctionnent pas à leur charge normale, et malgré cela l'effet de la réaction d'induit, bien que ramené à des conditions acceptables, n'est pas complètement supprimé.

Les premiers essais de compensation de la réaction d'induit sont ceux de Déri pour la machine à courant continu et ceux de Leblanc, Latour et de l'auteur, pour les alternateurs. Dans toutes les solutions proposées pour les machines à courant continu, aussi bien que pour les alternateurs, on cherchait à combattre la réaction d'induit à l'aide d'un enroulement auxiliaire semblable à l'enroulement induit et placé sur les inducteurs, parcouru par le courant de charge de la machine; dans le cas du courant alternatif à haute tension, on utilisait un transformateur pour ramener la tension à une valeur convenable, et un commutateur permettant la transformation en courant continu.

Au point de vue théorique ces solutions étaient parfaites, mais au point de vue pratique il n'en était pas de même, car les enroulements de compensation exigent beaucoup de place et coûtent cher, de sorte que les machines munies de ce dispositif ne peuvent entrer en concurrence avec les machines normales.

La question a été résolue habilement pour les machines à courant continu par l'adjonction de pôles auxiliaires dont l'effet était connu depuis de longues années, mais que des travaux récents ont permis de calculer d'une façon précise.

Nous avons vu que le seul effet de la réaction d'induit dans les alternateurs était un affaiblissement du champ principal et une chute de tension proportionnelle, mais il faut tenir compte dans la recherche d'une compensation de la réaction d'induit que cet effet dépend en grande partie du décalage de phase du courant de charge; le problème n'est donc pas aussi simple que dans le cas du courant continu et tous les dispositifs connus jusqu'à présent pour tenir compte de ce fait nécessitent l'emploi d'appareils auxiliaires dont le prix dépasse souvent le gain réalisé d'autre part.

Toutes ces observations ont amené l'auteur à rechercher un moyen de combattre la réaction d'induit sans emploi d'organes auxiliaires et sans modification profonde de la construction des machines. La solution à laquelle il est arrivé consiste à influencer l'excitation, ou le champ de l'excitatrice, par le champ de l'alternateur, c'est-à-dire par le champ opposé de la réaction d'induit.

Les alternateurs sont généralement construits avec excitatrice en bout d'arbre; nous avons ainsi sur le même arbre deux machines, à courant continu et à courant alternatif avec systèmes inducteurs complètement indépendants. Si nous arrivions à rendre ces deux systèmes dépendant l'un de l'autre de telle sorte, par exemple, que le champ de l'excitatrice augmente quand le champ de l'alternateur diminue, ou mieux quand la réaction d'induit augmente, l'effet de cette réaction pourrait être annulé. Il s'agit donc de faire en sorte que le champ de l'excitatrice suive en sens inverse les oscillations du champ de l'alternateur. Un tel champ doit corriger la réaction d'induit quelle que soit la phase du courant débité. Mais le champ de réaction d'induit n'existe pas en réalité : on désigne ainsi la différence entre le champ total créé par le courant d'excitation et le champ résultant dans la machine, c'est-à-dire l'effet démagnétisant de la réaction d'induit; mais il suffit aussi de renforcer le champ de l'excitatrice proportionnellement au champ inverse.

Ce résultat est atteint par la production d'un champ de dispersion particulier dans la machine. Il est connu que dans toute machine électrique il existe un champ de dispersion, différence entre le champ total et le champ utile traversant les enroulements et produisant la force électromotrice. Par suite, à toute charge, le champ total est égal au champ utile plus le champ de dispersion. Dans tout changement de charge le champ de dispersion varie comme la réaction d'induit, c'est-à-dire proportionnellement à la quantité dont doit être réglé le champ inducteur si la tension de la machine doit rester constante. Le courant produit par la dispersion doit par conséquent suivre tout changement de charge de la machine et par suite se trouver en condition parfaite pour la compensation de la machine.

A première vue, l'idée d'enchaîner un champ de dispersion de la machine principale avec le champ de l'excitatrice paraît hérissée de difficultés, car les machines sont tout à fait dissemblables : elles sont presque toujours complètement séparées, l'une des machines possède souvent un inducteur tournant alors que le système inducteur de l'autre est toujours fixe.

Supposons que les deux machines soient bipolaires et que de plus les deux systèmes inducteurs soient fixes; il serait possible de relier les deux pôles de même nom par une barre de fer de section appropriée pour produire un champ de dispersion dans la machine principale, lequel viendrait augmenter le champ de l'excitatrice; mais, pour des machines normales à nombre de pôles très différents, ce moyen simple est inapplicable.

Il est possible cependant d'atteindre le même résultat par la production d'un champ de dispersion de forme unipolaire. Il suffit pour cela de prévoir une dissymétrie entre les pôles de différentes polarités, laquelle a pour résultat de produire un faible champ de dispersion d'une direction déterminée dans l'alternateur, ce champ se ferme par l'intermédiaire de l'arbre, de l'excitatrice, des plaques de fondation et carcasse de la machine. Ce champ agit comme celui d'une machine unipolaire et s'ajoute à celui de l'excitatrice; il se produit donc dans cette dernière une variation de champ proportionnelle à la réaction de la machine principale qui peut être encore augmentée si les pôles de l'excitatrice possèdent une certaine dissymétrie.

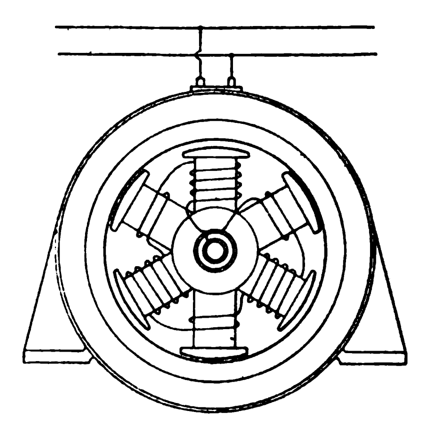


Fig. 1.

La manière la plus simple de créer cette dissymétrie consisterait à ne munir de bobine d'excitation que les pôles N par exemple; de telles machines possèdent un coefficient de dispersion considérable, mais il n'est pas besoin d'aller aussi loin. La figure 1 montre clairement le mode de construction adopté : les pôles S portent moins de spires que les pôles N, de plus l'entrefer sous les pôles S est plus petit que sous les pôles N. Une semblable dissymétrie peut exister entre les pôles de l'excitatrice, les nombres de pôles des deux machines pouvant d'ailleurs être tout à fait différents.

La réaction d'induit de la machine principale produit un champ de direction bien déterminée qui renforce de façon convenable le champ de l'excitatrice proportionnellement au courant de charge.

Supposons que la dissymétrie soit choisie de telle façon que, à vide, les champs des pôles N soient égaux à ceux des pôles S, ce qui peut être réalisé en faisant les nombres de spires des enroulements d'excitation proportionnels aux entrefers. Dans ce cas, le champ de dispersion passant par l'arbre est nul à vide; en charge la réaction d'induit sous les pôles S faiblement excités sera beaucoup plus grande que sous les pôles N; par suite il se produit un champ de dispersion passant par l'axe, lequel correspond à la direction des pôles N de la machine principale; ce champ va se fermer par les pôles S de l'excitatrice dont l'entrefer est plus faible et renforce ainsi le champ total de cette machine.

Il est clair que le champ de dispersion doit être une faible partie du champ total de l'excitatrice. L'auteur donne la coupe d'une machine de petites dimensions avec l'excitatrice directement accouplée et dont le circuit magnétique est constitué par un plateau palier (*fig.* 2 et 3); dans ce cas le champ de dispersion se ferme très facilement; mais, même dans le cas de machine avec excitatrice placée à l'extérieur du palier, le dispositif doit encore donner des résultats satisfaisants en ayant soin d'augmenter légèrement les dissymétries entre les pôles.

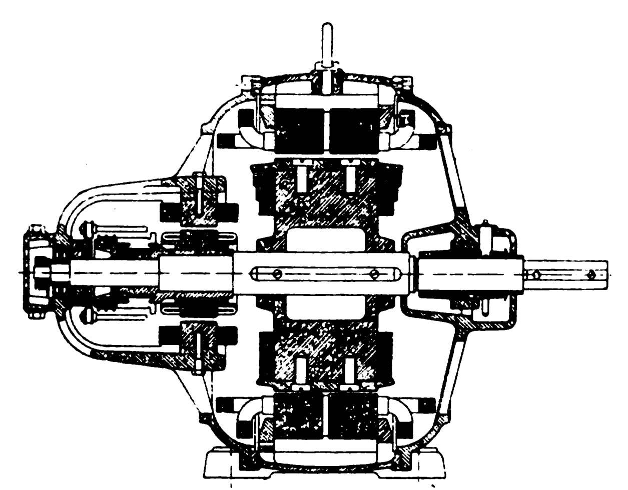
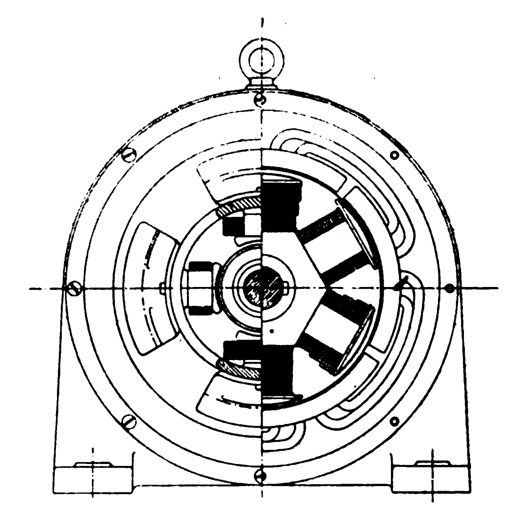



Fig. 2 et 3.

Il est encore possible d'utiliser le système avec des excitatrices complètement indépendantes; mais alors il ne faut plus compter sur une variation directe du flux de l'excitatrice, il faut employer une autre disposition. Le champ de dispersion transforme l'alternateur en une machine unipolaire pouvant fournir du courant continu; il suffit de placer sur l'arbre ou sur la couronne des pôles et de chaque côté de ceux-ci une bague sur laquelle frotte un balai, le courant recueilli sert à augmenter le champ de l'excitatrice.

Pour les machines normales la compensation peut être aussi énergique qu'on le désire, car la dissymétrie entre les pôles N et S peut être choisie à volonté. Dans le cas de machines soumises à de forts à-coups on peut disposer les choses de telle façon qu'on obtienne pendant les premiers instants un surcompoundage pour revenir ensuite au compoundage normal en faisant, par exemple, passer le courant d'excitation dans une bobine autour de l'axe dont l'effet se fait sentir seulement après un certain temps ou par tout autre dispositif équivalent.

Le courant d'excitation de l'excitatrice est à choisir de telle sorte qu'il corresponde à la charge avec champ de dispersion nul.

L'auteur croit qu'il est avantageux de choisir la dissymétrie de telle façon que le champ de l'excitatrice soit affaibli à vide pour obtenir un champ de dispersion nul pour une certaine charge de la machine, la demi-charge, par exemple; au delà le champ de l'excitatrice est renforcé. On voit qu'avec ce dispositif le champ de l'excitatrice augmente avec la charge, comme précédemment, cette disposition présente plusieurs avantages; elle permet d'abord une meilleure utilisation de la machine, le champ de dispersion maximum étant réduit de moitié, de plus la machine devient à peu près insensible à l'action des courants décalés en avant, qui, comme on sait, ont pour effet de désamorcer les machines compound.

En effet, pour ces machines, tout courant débité avec décalage en arrière cause une augmentation du courant inducteur, donc tout courant décalé en avant causera une diminution de ce courant et, par suite, pour de forts courants, un désamorçage complet. Dans le cas qui précède ceci ne peut avoir lieu; il en résulte, il est vrai, une diminution du champ principal par suite de l'augmentation du champ de dispersion, mais cette diminution ne peut aller trop loin, car le circuit du champ de dispersion se sature, de sorte que la machine ne peut se désamorcer.

Pour des charges normales, il est important de ne pas arriver à cette saturation, car elle aurait pour résultat de ne plus permettre un compoundage parfait de l'alternateur.

L'application de ce système aux machines normales

est des plus simples, elle permet une diminution notable du poids de cuivre sur la machine, elle donne toujours un résultat satisfaisant quelle que soit la valeur de la réaction d'induit ou le degré de stabilité à atteindre.

En tout cas, cette modification n'apporte aucune dépense supplémentaire; elle améliore la machine, de sorte qu'il est toujours avantageux de l'appliquer.

E. B.

ACCUMULATEURS.

Recherches récentes sur l'accumulateur alcalin fer-nickel. — Dans un précédent article (¹) nous avons indiqué une partie des recherches effectuées en vue de se rendre compte des réactions dont la matière active est le siège; c'est cette même étude que nous continuons aujourd'hui.

I. — ÉTUDE THÉORIQUE DE L'ACCUMULATEUR ALCALIN FER-NICKEL (suite).

L'étude thermodynamique de l'accumulateur alcalin fer-nickel n'a pas encore été complètement faite. Pour calculer la force électromotrice du couple d'après l'équation d'Helmholtz

$$E = \frac{W}{23091\,a} + T\frac{dE}{dT},$$

il faudrait connaître exactement la chaleur W (en calories g-d.) dégagée par les réactions chimiques, ainsi que le coefficient de température $\frac{dE}{dT}$. Il n'a pas encore été publié de déterminations de ce dernier. Quant à la chaleur dégagée, si l'on admet à la négative l'oxydation du fer à l'état d'hydrate ferreux, l'équation réversible est

$$\begin{aligned} &Fe + KOH + Ni^2O^3, 3H^2O \\ &\quad = Fe(OH)^2 + KOH + 2Ni(OH)^2, \end{aligned}$$

et la chaleur dégagée est, d'après les données de Thomsen :

Oxydation de Fe en Fe(OH)²............	68 900^{cal}	(g-d.)
Réduction de Ni²O³, 3H²O en 2Ni(OH)²...	600^{cal}	»
Chaleur totale dégagée.......	69 500^{cal}	(g-d.)

correspondant à $\frac{69\,500}{23091.2} = 1,50$ volt, sans tenir compte du terme correctif dû au coefficient de température.

Si l'on admet, à la négative, l'oxydation de l'hydrate ferreux en hydrate ferrique, l'équation devient

$$\begin{aligned} &2Fe(OH)^2 + Ni^2O^3, 3H^2O + KOH \\ &\quad = Fe^2O^3, 3H^2O + 2Ni(OH)^2 + KOH, \end{aligned}$$

(¹) *La Revue électrique*, t. VI, 30 novembre 1906, p. 297.

et le dégagement de chaleur se calcule comme suit :

Oxydation de 2Fe(OH)² en Fe²O³, 3H²O...	55 300^{cal}	(g-d.
Réduction de Ni²O³, 3H²O en 2Ni(OH)²...	600^{cal}	»
Chaleur totale dégagée.......	55 900^{cal}	(g-d.)

correspondant à $\frac{55\,900}{23091.2} = 1,21$ volt, toujours en ne tenant pas compte du coefficient de température.

En admettant une oxydation de l'hydrate ferreux ou oxyde magnétique, un calcul semblable indiquerait une force électromotrice de 1,40 volt, l'équation se traduisant par

$$\begin{aligned} &3Fe(OH)^2 + Ni^2O^3, 3H^2O + KOH \\ &\quad = Fe^3O^4 + 2Ni(OH)^2 + 4H^2O + KOH, \end{aligned}$$

et la chaleur dégagée étant 64 100 + 600^{cal}.

La force électromotrice mesurée pour la première phase étant 1,40 à 1,50 volt, on voit qu'il est difficile de se prononcer entre la première et la troisième équation, en l'absence de données sur le coefficient de température. Cependant, à première vue, la différence constatée entre la première et la deuxième phase de l'électrode-fer semblerait davantage se rapprocher de la différence calculée entre la troisième et la deuxième équation. Il est vrai que les coefficients de température peuvent être différents pour ces deux phases.

Si le coefficient de température n'a pas été calculé pour le couple, en revanche il a été déterminé récemment pour l'anode par J. Zedner (¹) qui a trouvé, en prenant une électrode auxiliaire-hydrogène, un coefficient négatif de −0,007 volt par degré entre 10° et 65° C. pour le couple

$$Ni(OH)^2 \mid KOH \text{ à } 25 \text{ pour } 100 \mid H^2.$$

La réaction de décharge étant ici

$$\begin{aligned} &Ni^2O^3, 3H^2O + KOH + 2H + 2H^2O \\ &\quad = 2[Ni(OH)^2, 2H^2O] + KOH, \end{aligned}$$

la chaleur dégagée est, d'après les mêmes données que ci-dessus :

Oxydation de H en H²O.................	69 000^{cal}	(g.-d.)
Réduction de Ni²O³, 3H²O en 2Ni(OH)²...	600^{cal}	»
Chaleur totale dégagée.......	69 600^{cal}	(g.-d.)

En remplaçant W par cette valeur et $\frac{dE}{dT}$ par −0,0007, on trouve pour E à 10° C.

$$E = 1,308 \text{ volt},$$

alors que la mesure indique 1,305 volt. On remarquera qu'on a considéré l'hydrate Ni(OH)² et non Ni(OH)², 2H²O indiqué par J. Zedner comme étant

(¹) *La Revue électrique*, t. VI, 15 septembre 1906, p. 130.

celui qui se forme en décharge. Mais la différence de chaleur dégagée doit être évidemment très petite.

Quoique la potasse ne prenne pas part aux réactions chimiques, il y a néanmoins à considérer une variation de concentration de celle-ci dans l'intérieur des pores de la matière active. Une première cause de cette variation est la formation des hydrates qui nécessite l'intervention de l'eau dans les réactions. Si cette cause existe et si l'eau intervient dans les réactions, il est évident que l'on doit trouver pour la force électromotrice du couple une variation en fonction de la concentration de la potasse.

Nous ne connaissons pas encore de mesures précises de cette variation de la force électromotrice du couple fer-potasse-sesquioxyde de nickel en fonction de la concentration de la potasse; mais J. Zedner a fait cette étude pour l'anode. Déterminant la force électromotrice du couple

$$Ni^2O^3, 3H^2O — KOH — H^2$$

pour différentes concentrations, il a trouvé à la température de 11° C. :

Concentration de la potasse en molécule KOH par molécule H^2O.	Concentration de la potasse en pour 100 de KOH.	Force électromotrice en volts.	Différence en millivolts.
0,1	23,7	1,314	
			11
0,2	38,4	1,303	
			10
0,3	48,3	1,293	

soit sensiblement une différence de 10,5 millivolts pour une différence de concentration de 0,1 molécule KOH par molécule d'eau. Comme le potentiel anodique baisse lorsque la concentration de la potasse croît, cela indique que l'eau est enlevée à l'électrolyte pendant le fonctionnement. Ainsi, ce fait paraît en accord avec l'équation de décharge donnée par J. Zedner et d'après laquelle $Ni^2O^3, 3H^2O$ passe à l'état de

$$2[Ni(OH)^2, 2H^2O] \quad \text{ou} \quad 2(NiO, 3H^2O).$$

C'est, d'ailleurs, en appliquant l'équation de Dolezalek [1], relative à la variation de la force électromotrice avec la concentration et en introduisant dans cette équation la différence mesurée 10,5 millivolts pour une différence de concentration de 0,1 molécule KOH par molécule d'eau, que J. Zedner a trouvé que les 2 molécules NiO formées en décharge doivent renfermer 3 molécules H^2O de plus que la molécule Ni^2O^3.

Indépendamment de la variation de concentration due aux réactions chimiques (formation des hydrates), il y a lieu de considérer celle qui est due au transport des ions.

Prenons, par exemple, l'électrode positive en décharge. Sans tenir compte de l'eau engagée dans les réactions pour la formation d'hydrates comme ceux dont il a été question ci-dessus, l'équation de décharge peut se traduire par

$$Ni(OH)^3 = Ni(OH)^2 + OH + \oplus,$$

c'est-à-dire qu'il y a apparition d'un ion $\bar{O}H$ pour une charge (96271 coulombs). Cet ion doit reformer avec un ion $\overset{+}{K}$ qui apparaît à l'anode en décharge une molécule KOH; mais il faut remarquer que la vitesse de migration des ions $\overset{+}{K}$ et $\bar{O}H$ n'est pas la même; de telle sorte que, si l'on appelle n le facteur de transport de l'ion $\overset{+}{K}$, pour une charge (96271 coulombs), n ions $\overset{+}{K}$ apparaîtront à l'anode tandis que $(1 - n)$ ions $\bar{O}H$ y disparaîtront. Au total, il doit apparaître

$$\bar{O}H + n\overset{+}{K} - (1 - n)\bar{O}H,$$

soit n molécules-grammes KOH pour 96271 coulombs. Par ampère-seconde, cela correspond à $\frac{n}{96271}$ KOH. Comme n est égal à 0,26 environ, d'après les Tables d'Hittorf, il en résulte un enrichissement de

$$\frac{0,26}{96271} = 0,0000027 \text{ molécule-gramme}$$

de KOH par ampère-seconde ou de

$$55,9 . 0,0000027 . 3600 = 0^g,5442$$

de KOH par ampère-heure.

(1) On sait qu'en appelant E_1 et E_2 les forces électromotrices en volts aux concentrations c_1 et c_2, exprimées en molécules KOH par molécule d'eau, l'équation de Dolezalek se traduit par

$$E_1 - E_2 = \frac{0,861}{2} 10^{-4} T \frac{d \log_{\text{nép}} p}{dc} (c_1 - c_2),$$

en supposant une seule molécule d'eau décomposée, T étant la température absolue et p la tension de vapeur. Pour les concentrations c plus grandes que 0,1 (23,7 pour 100 de KOH), on trouve que l'expression $\frac{d \log_{\text{nép}} p}{dc}$ est constante et égale à $-3,9$.

Comme il s'agit ici de 2 molécules d'eau engagées pendant la décharge, il vient

$$E_1 - E_2 = 0,861 . 10^{-4} . 284 . 3,9 (c_2 - c_1)$$

à la température 11° C. D'où l'on tire, d'après les valeurs du Tableau ci-dessus, pour les forces électromotrices relatives à des concentrations supérieures à 0,1,

$$E = 1,323 - 0,1 c,$$

formule établie par J. Zedner et relative au couple

$$Ni^2O^3, 3H^2O — KOH — H^2.$$

Inversement, la cathode s'appauvrira en décharge de la même quantité de potasse par le fait de la migration des ions.

En charge, les phénomènes se produiront en sens contraire et c'est alors la cathode qui s'enrichira et l'anode qui s'appauvrira en potasse.

La variation $0^{g},544$ KOH par ampère-heure est exclusivement relative au transport des ions. Si l'on considère que, en outre, à l'anode il y a absorption de 2 molécules d'eau par 96271 coulombs pour la formation de l'hydrate $Ni(OH)^2, 2H^2O$ indiqué par J. Zedner, d'après l'équation

$$Ni(OH)^3 + 2H^2O = Ni(OH)^2, 2H^2O + \bar{O}H + \oplus,$$

il en résulte qu'en décharge il y a absorption à l'anode de $\frac{2.18.3600}{96271} = 1^{g},346$ d'eau par ampère-heure. Avec de la potasse à 20 pour 100, une disparition de $1^{g},346$ d'eau est équivalente à un enrichissement de $\frac{1,346.20}{80} = 0^{g},3365$ de potasse.

Dans cette hypothèse, il apparaît donc en décharge ou il disparaît en charge à l'anode au total

$$0,5442 + 0,3365 = 0^{g},8807$$

de KOH par ampère-heure (¹).

A la cathode, si de l'eau n'est pas engagée dans la formation d'hydrates, il se produit simplement un appauvrissement en décharge ou un enrichissement en charge de $0^{g},544$ par ampère-heure. Dans le cas contraire, il y a lieu de faire intervenir, comme dans le cas de l'anode, la quantité d'eau engagée dans les réactions. Pour faire utilement le calcul, il faudrait connaître exactement les réactions chimiques à la cathode.

Les variations de concentration dont il vient d'être question ne se produisent qu'au voisinage immédiat des électrodes.

La concentration moyenne de l'électrolyte ne varierait en charge et en décharge que dans le cas où la variation au voisinage de l'anode ne serait pas égale et de sens contraire à celle produite au voisinage de la cathode.

En réalité, le liquide qui imprègne les pores de la matière active doit éprouver des variations de concentration moindres que celles qui sont calculées à cause de la diffusion qui agit en sens inverse. MM. U. Schoop et E. Sieg (¹) ont vérifié expérimentalement ces variations de concentration en mesurant les variations de poids des électrodes suspendues au fléau d'une balance. Pendant la décharge et la charge, ces poids n'apprennent rien en ce qui concerne les variations de concentration de l'électrolyte imprégnant les plaques, parce que le poids varie aussi par suite du changement d'état chimique des matières actives et de leur changement de volume. Mais les résultats sont intéressants à considérer lorsqu'on suit la variation de poids des électrodes à circuit ouvert après une décharge ou après une charge. Après la décharge, MM. U. Schoop et E. Sieg ont constaté que, pendant le rétablissement de la force électromotrice, l'électrode-fer augmente de poids tandis que l'électrode-nickel, au contraire, diminue. Ceci est en accord avec ce que nous avons indiqué précédemment relativement à la variation de concentration en décharge. L'anode s'enrichissant en potasse, la diffusion agit à circuit ouvert pour égaliser cette concentration du liquide des pores avec celle de l'électrolyte extérieur, d'où diminution de poids. C'est l'inverse qui se produit à la cathode-fer.

On sait que la courbe de décharge complète d'un élément fer-potasse-sesquioxyde de nickel présente plusieurs paliers. Ceux-ci sont dus aussi bien à l'anode qu'à la cathode. La courbe de tension cathodique (*voir* la figure 1, p. 299) obtenue avec l'électrode auxiliaire en sesquioxyde de nickel présente, en décharge, deux paliers différents qui doivent très probablement correspondre, comme il a été indiqué précédemment, à deux degrés différents d'oxydation de la cathode.

Si l'on étudie pareillement l'anode et qu'on trace la courbe de tension anodique en prenant comme électrode auxiliaire une électrode en sesquioxyde de nickel, on trouve aussi que la courbe de décharge comprend deux paliers, mais qui sont beaucoup plus éloignés que ceux dus à la cathode. On a souvent attribué le second palier de cette courbe à la formation d'un oxyde intermédiaire tel que Ni^3O^4

(¹) En considérant la chaîne de concentration formée par deux électrodes à l'hydrate de sesquioxyde de nickel plongeant dans des solutions de potasse de concentration c différentes (exprimées en molécules de KOH par molécule d'eau), la théorie montre que l'on a l'équation suivante, indiquée par Zedner,

$$\Delta E = na RT \log_{nép} \frac{c_2}{c_1} + 2a RT (c_2 - c_1) \text{ volt},$$

dans laquelle on a $a = -\frac{d \log_{nép} p}{dc} = 3,9$ pour la potasse, n le facteur de transport de la potasse égale 0,26.

Cette équation peut encore se mettre sous la forme

$$\Delta E = 0,058 \log \frac{c_2}{c_1} + 0,19 (c_2 - c_1) \text{ volt}.$$

Elle permet de calculer la variation de concentration à l'anode en décharge pour une polarisation déterminée. C'est ainsi qu'une polarisation de 0,07 volt s'explique par une concentration de la lessive imprégnant l'électrode passant de $c_1 = 0,1$ (potasse à 24 pour 100) à $c_2 = 0,31$ (potasse à 49 pour 100).

(¹) *La Revue électrique*, t. II, 15 décembre 1904, p. 330.

placé entre Ni^2O^3 et NiO; mais M. J. Zedner fait remarquer que s'il en était ainsi la force électromotrice de la première phase ne s'accorderait pas avec celle calculée d'après l'équation d'Helmholtz en supposant la réduction de Ni^2O^3 en Ni^3O^4. D'après cet auteur, le second palier de l'anode doit être attribué à l'oxygène occlus. La figure 2 montre l'allure des courbes de tension anodique en décharge pour différentes intensités. On y remarque que le second palier est d'autant plus accentué que l'intensité est plus faible. La baisse lente de tension pendant la première phase provient de la polarisation due à l'augmentation de concentration de la potasse (*voir* la dernière Note) et aussi à l'accroissement de résistance intérieure.

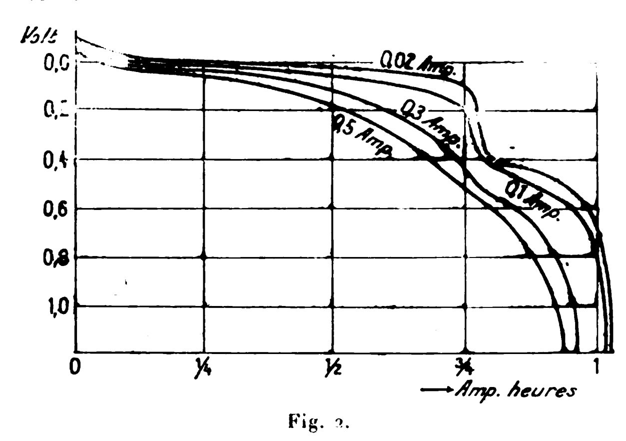


Fig. 2.

Pour démontrer que le second palier est bien dû à l'oxygène occlus, J. Zedner (¹) a déchargé un élément sous pression réduite; il a alors trouvé une diminution d'importance du second palier. Il a obtenu les mêmes résultats en chauffant plusieurs heures à 80° C. l'anode dans la potasse. Dans les deux cas une partie de l'oxygène occlus est chassée. On constate aussi que c'est principalement le graphite additionné à la matière active qui permet l'occlusion de l'oxygène. Enfin, J. Zedner trouve que la réaction due à la première phase de décharge de l'anode est réversible et que les différences de tension anodique en décharge et en charge ne proviennent que des variations de concentration de la potasse ainsi que de la résistance intérieure. Il n'en est pas ainsi pour la réaction correspondant au second palier et lorsque, pendant cette partie de la décharge, on passe brusquement à la charge, la tension remonte brusquement jusqu'à la valeur de la tension anodique obtenue pendant la charge dans la première phase.

Nos connaissances sur l'utilisation des matières actives et sur l'influence des différents facteurs sur la capacité de l'élément fer-potasse-sesquioxyde de nickel sont encore peu nombreuses.

Un facteur qui paraît avoir une grosse importance est la température. M. U. Schoop (¹) a trouvé que la température n'influe pas sur la capacité de l'anode-sesquioxyde de nickel, mais qu'elle produit à la cathode-fer une diminution de capacité de près de 3 pour 100 par degré C. au-dessous de la température de 35° C. pour le régime de décharge de 5 heures à cette température, ce qui correspond à une augmentation, c'est-à-dire à un coefficient de température de 5,5 pour 100 par degré. On trouve en même temps un relèvement très important de la tension cathodique lorsque la température croît. Avec des cathodes à briquettes de matière active, on peut même constater que, tandis qu'à la température ordinaire (15° C.) et pour un régime un peu rapide la courbe de tension cathodique baisse constamment sans transition bien marquée entre les deux phases de décharge, si l'on chauffe l'élément à 40° C. pendant la décharge, la courbe se relève en même temps qu'elle s'allonge considérablement et les deux paliers se distinguent très nettement, suivis même d'un troisième à une tension beaucoup plus faible. Cette influence de la température peut s'expliquer par la dilution de la lessive imprégnant la cathode et qui se produit, comme on l'a vu précédemment, pendant la décharge. La température agissant sur le coefficient de diffusion, en accélérant celle-ci, diminue à la fois la polarisation due à la baisse de concentration et la résistance intérieure.

Étudiant la résistance intérieure du couple fer-potasse-sesquioxyde de nickel, M. U. Schoop (²) a trouvé que la résistance intérieure augmente beaucoup vers la fin de la décharge et surtout aux intensités élevées. Cette augmentation doit provenir principalement de la trop grande dilution de la potasse à la cathode et de sa trop grande concentration à l'anode. On sait, en effet, que la résistivité des solutions de potasse passe par un minimum vers la concentration 29 pour 100 de KOH. De chaque côté de ce point la résistivité augmente; mais beaucoup plus rapidement dans le sens des solutions étendues. C'est, sans doute, surtout pour cette raison qu'on a trouvé que la résistance de la cathode-fer en décharge varie beaucoup plus que celle de l'anode-sesquioxyde de nickel. M. U. Schoop a trouvé une augmentation de résistance dans le rapport de 1 à 4 entre le commencement et la fin de la décharge de la cathode. La même raison explique que cet auteur

(¹) *La Revue électrique*, t. VI, 15 septembre 1906, p. 131.

(¹) *La Revue électrique*, t. IV, 30 décembre 1905, p. 365.
(²) *La Revue électrique*, t. IV, 30 décembre 1905, p. 365.

ait trouvé que, lorsqu'on fait croître l'intensité de décharge, la résistance de l'anode varie très peu tandis que celle de la cathode augmente rapidement.

Il n'est guère possible d'étudier ici, au point de vue général, le rendement, les actions locales et la durée des plaques. Il existe encore trop peu d'expériences sur ces points. La détermination du rendement est d'ailleurs très délicate à cause de la difficulté de distinguer la fin de la charge. Bien avant la fin de celle-ci, en effet, survient le dégagement gazeux et avec lui apparaît la tension maximum correspondant à la séparation de l'électrolyte en ses ions.

Ce qui est certain, c'est que le rendement est faible et d'autant plus que l'on exige de l'élément une plus grande capacité.

Il est probable que, par suite de la résistance intérieure élevée des matières actives, les actions électrochimiques ne pénètrent que très difficilement en profondeur, d'où ce faible rendement.

Les actions locales, qui donnent lieu à une oxydation de la cathode et à une réduction de l'anode à circuit ouvert, augmentent avec la température et dépendent de la pureté de la potasse.

Cette rapide revue de l'état actuel de nos connaissances théoriques sur l'accumulateur alcalin fer-nickel montre que ces connaissances sont encore insuffisantes pour permettre d'établir une théorie de cet accumulateur et d'expliquer par elle les différents phénomènes dont l'élément est le siège.

Dans un prochain article, nous examinerons les perfectionnements qui ont été proposés ou apportés dans la construction de cet élément.

(*A suivre.*) L. JUMAU.

Isolateurs pour accumulateurs à électrolyte alcalin. A.-E. BERGLUND (Brevet français 364264 du 15 mars 1906). — On sait que dans les accumulateurs au plomb on se sert principalement comme séparateurs de plaques de séparateurs en ébonite. Dans le cas des accumulateurs alcalins, étant donné d'une part que pour être inattaquable l'ébonite doit être très pur et que, d'autre part, la faible tension et la minceur des plaques nécessitent un très grand nombre de séparateurs, il en résulte un prix beaucoup trop élevé de séparateurs si l'on emploie l'ébonite.

L'inventeur propose de disposer entre les plaques des accumulateurs à électrolyte alcalin des feuilles de mica perforées. Pour ne pas masquer une partie de la surface active des plaques, les perforations sont faites alternativement dans des sens opposés de telle façon que, par suite des protubérances résultant des perforations, il y ait toujours une couche d'électrolyte entre les plaques et les feuilles de mica. Le mica a un prix plus réduit que l'ébonite, il peut être obtenu en feuilles aussi minces qu'on le désire; il est très léger, très isolant, souple et élastique, et enfin inattaquable aux alcalis.

Électrodes d'accumulateur. Thomas-Alva EDISON (Brevet français 362691 du 25 janvier 1906). — Les anodes à pochettes perforées renfermant des briquettes de matière active constituée par un mélange d'hydroxyde de nickel et de graphite floconneux voient leur capacité diminuer progressivement. On constate, en effet, que le graphite électrolysé subit un changement dans sa résistance de contact. En outre, les écailles de graphite glissent très facilement les unes sur les autres, ce qui modifie la structure intérieure de la masse. L'inventeur a trouvé que les pellicules ou flocons de cobalt ou d'un alliage de cobalt et de nickel ne présentent pas cet inconvénient.

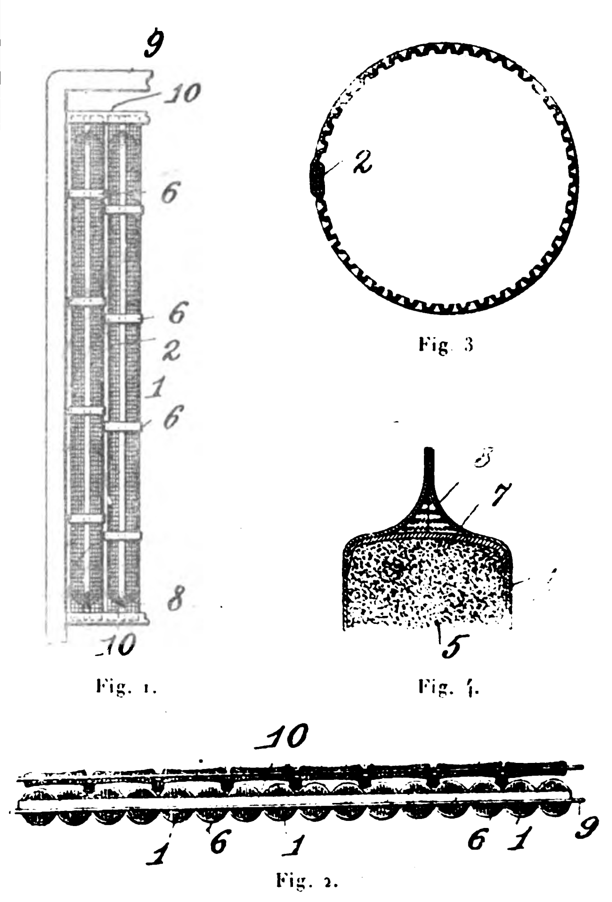


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 2.

La nouvelle construction adoptée par Edison pour ses anodes est représentée en figures 1, 2, 3 et 4. La figure 1 est un plan d'une partie de la grille représentant deux des éléments d'électrodes. La figure 2 est un plan de deux plaques voisines, l'une négative à pochettes et concaves, l'autre positive à tiges cylindriques. La figure 3 représente une coupe à grande échelle d'une électrode positive élémentaire et enfin la figure 4, une coupe longitudinale de l'extrémité de cette électrode.

Chaque électrode élémentaire se compose d'un tube 1 constitué par une bande d'acier de $0^{mm},1$ d'épaisseur, perforée et plaquée avec un alliage de cobalt et de nickel que l'on soude en place à chaud dans une atmosphère

d'hydrogène. Cette bande est recourbée en forme de tube de 6mm,5 de diamètre intérieur et de 10cm de longueur.

En 2 se trouve le joint. Dans un tel tube, il entre environ 0g,8 de matière active par centimètre de longueur. Cette matière est composée de particules d'hydroxyde de nickel ayant passé au crible de 12 mailles au centimètre et que l'on enduit d'une matière agglutinante, mélasse ou mieux glucose. On mélange ensuite avec des flocons de cobalt ou d'alliage nickel-cobalt ayant passé au crible de 6 mailles au centimètre. On prend en poids 60 pour 100 d'hydroxyde de nickel, 20 pour 100 de ces flocons et 20 pour 100 de glucose visqueux. Pour remplir le tube, on introduit la matière en 50 parties que l'on bourre deux fois chacune. La pression appliquée chaque fois dépasse 1400kg par centimètre carré et est assurée par des pistons de 1kg,35 chacun tombant de 12cm,5 de hauteur.

Avant le bourrage, on glisse sur les tubes des bagues en nickel sans soudure 6 qui s'ajustent par la pression exercée et augmentent la résistance du tube. D'un tube au suivant, ces bagues sont disposées en chicane de façon à permettre d'assembler les tubes parallèlement et très près les uns des autres. Quand les tubes sont remplis, on termine en appliquant à la masse active entière une pression de 280kg par centimètre carré. On enlève ensuite tout excès de matière à l'extrémité supérieure et l'on refoule à chaque bout sur la matière active une cuvette ou diaphragme de nickel 7 ayant des bords vifs retournés, que l'on comprime fortement sur cette matière active. On retourne et l'on aplatit alors les extrémités des tubes en 8 pour les amener en prise avec les cuvettes extrêmes 7, ce qui retient solidement la matière active. Les tubes ainsi fabriqués sont assemblés dans une grille 9 à l'aide d'organes de pinçage 10 faisant corps avec elle. Les plaques sont enfin immergées dans de l'eau légèrement alcaline pour dissoudre le glucose.

Procédé de fabrication de pellicules ou flocons métalliques. T.-A. Edison (Brevet français 362692 du 25 janvier 1906). — Pour obtenir électrolytiquement des écailles de cobalt au d'alliage nickel-cobalt, Edison fait usage de cathodes en cuivre ou en nickel poli sur lesquelles on dépose d'abord une pellicule extrêmement mince de zinc en électrolysant une solution de sulfate de zinc.

Après lavage, on remplace la solution par du sulfate double d'ammonium et de cobalt seul ou mélangé de sulfate double d'ammonium et de nickel. On électrolyse en prenant des anodes de cobalt et de nickel. L'inventeur obtient de bons résultats quand l'alliage déposé est composé de 70 pour 100 de cobalt et de 30 pour 100 de nickel. Une fois la pellicule d'alliage déposée, on trempe la cathode dans un acide dilué qui dissout le zinc et détache la pellicule de cobalt ou d'alliage nickel-cobalt en petits flocons ou écailles qui après broyage et passage au crible sont dans le meilleur état pour être mélangés à la matière active. On lave alors ces écailles et on les recuit en les chauffant au rouge dans une atmosphère d'hydrogène, traitement qui effectue un nettoyage parfait des surfaces.

Machine à remplir et à bourrer des tubes. T.-A. Edison (Brevet français 362693 du 25 janvier 1906). — Ce brevet donne des détails de construction sur une machine à remplir des tubes de matière active et à bourrer celle-ci dans ces tubes, ainsi qu'il est indiqué dans le brevet français 362691, ci-dessus décrit.

L. J.

BREVETS RÉCENTS [1].

Machines génératrices : Afater Veriable Speed Motor Cy. DRP. 176410 et 176411, 6 mai 1905 (Inducteurs pour pôles auxiliaires). — Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 177652, 14 sept. 1904 (alternateur synchrone auto-excitateur et compoundé). — Baysdorfer. USAP. 827497, 9 nov. 1905 (machine statique). — Benier. BF. 368577, 2 août 1906 (Électrogène). — Felten et Guilleaume BF. 369032, 20 août 1906 (dispositif permettant de diminuer le travail à vide des machines électriques à volant). — Field. BP. 966, 1906 (enroulements). — Gesellschaft für Elektrische Zugbeleuchtung. DRP. 178053, 29 mars 1904 (dynamo à courant continu). — Johnson. USAP. 829015, 13 janvier 1905 (alternateur). — Kelsey. USAP. 831442, 6 juillet 1905 (alternateur). — Ketchum. BF. 368340, 24 juillet 1906 (machine dynamo-électrique à induit sans fils); USAP. 826668, 3 juillet 1905 (dynamo à grande vitesse). — Latour. USAP. 825222, 21 nov. 1902 (dynamo). — Nœggerath. USAP. 832742, 17 mars 1905 (dynamo unipolaire dont les inducteurs sont alimentés par du courant alternatif). — Oliva et Consigliore. DRP. 176412, 25 mai 1905 (dynamo portative). — Richards. USAP. 830849, 12 août 1905 (dynamo). — Rushmore. USAP. 831475. 5 oct. 1905 (alternateur). — Siemens-Schuckertwerke. DRP. 178865, 4 mars 1904 (machine électrique avec refroidissement par l'eau). — Tirrill. USAP. 827331, 17 fév. 1905 (dynamo). — Torda. USAP. 830025, 2 juin 1905 (dynamo). — Volkmann. BF. 368345, 24 juillet 1906 (machine à influence hermétiquement close). — Williams. USAP. 832354, 14 mai 1906 (dynamo). — Wilmore. USAP. 833361, 23 octobre 1905 (dynamo).

Régulation, collecteurs, porte-balais, etc. : Alexanderson. USAP. 829133, 20 juill. 1905 (dispositif de contrôle pour génératrices auto-excitatrices). — Allgemeine Electricitäts Gesellschaft. DRP. 176435, 29 déc. 1905 (régulation automatique des dynamos employées à la charge des accumulateurs); Id. 178866, 13 juillet 1904 et BF. 368604, 3 août 1906 (mode de réglage des machines monophasées). — Braun et Bockmann. DRP. 178453, 18 mai 1905 (bobines). — Christensen. USAP. 826650, 11 avril 1901 (pièce polaire pour dynamo). — Downes. USAP. 340419, 22 oct. 1904 (isolement des bobines d'inducteur). — Elroy (Mac). USAP. 831625, 18 avril 1905 (système de ventilation pour induit).

[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Les moyens de transports actuels à Londres. — Nous avons fait connaître en 1899 [1] quels étaient à ce moment les moyens de transports dans l'agglomération londonienne. Nous arrivions à cette conclusion que la capitale anglaise, avec son métropolitain à vapeur et ses deux lignes souterraines électriques, dont une très courte, n'avait alors qu'une très légère avance sur Paris, dont deux lignes métropolitaines étaient déjà bien avancées. Depuis cette époque, plusieurs lignes métropolitaines se sont ouvertes successivement à Paris, tandis que d'autres étaient mises en construction. Londres a suivi une progression semblable; de nouvelles lignes souterraines ont été mises en service et d'autres sont en construction ou projet, de sorte que le résultat comparatif est à peu près le même; on peut dire que Londres et Paris sont desservis maintenant également bien et le seront presque

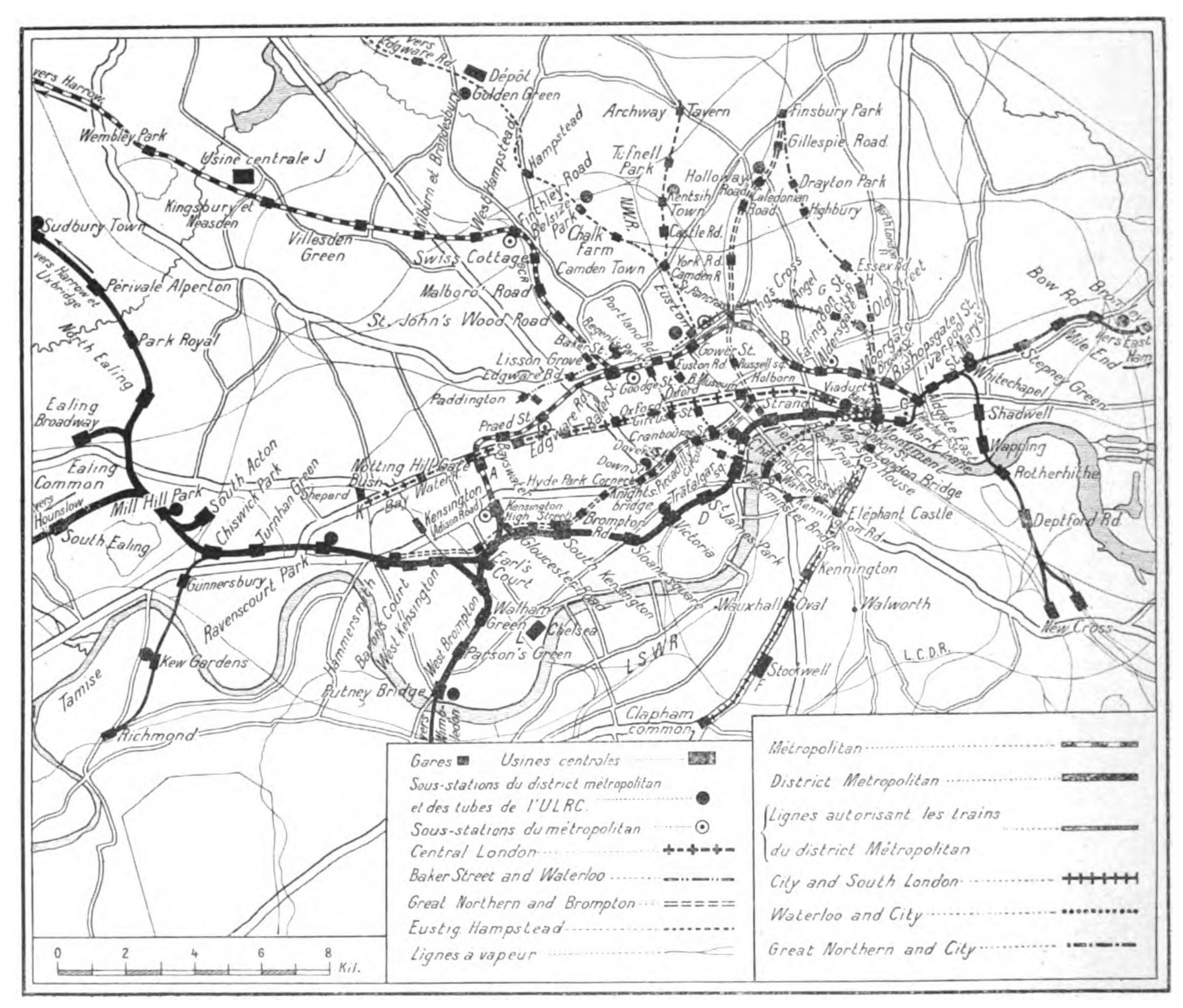


Fig. 1. — Chemins de fer électriques de Londres.

(1) *L'Éclairage électrique*, t. XIX, 10 juin 1899, p. 361.

parfaitement dans quelques années. Dans ce qui suit, nous nous proposons d'indiquer l'état actuel de Londres; nous avons fait connaître celui de Paris en 1904 (¹), avec l'indication des lignes ouvertes depuis.

Rappelons d'abord que les caractères et besoins de la circulation sont entièrement différents à Londres et à Paris. Dans notre capitale, à forme de cercle légèrement aplati, de 8^{km} de haut sur 10^{km} de large, il existe non seulement un mouvement intense des quartiers périphériques au centre, mais encore des courants importants dans toutes les directions; il faut, par conséquent, créer des lignes, non seulement radiales, mais obliques *dans tous les sens,* comme cela est très bien prévu dans le plan d'ensemble de notre réseau métropolitain. Londres n'a pas la même forme ni le même mode d'activité. Les 4 millions d'habitants dénommés Londoniens, c'est-à-dire compris dans le Comté de Londres (London County), sont répartis sur une surface (30176^{ha}) cinq fois plus étendue que celle de Paris, de sorte qu'en réalité la densité y est presque trois fois et demie moins forte. En outre, en dehors de la ville proprement dite, Town, constituée (*fig.* 1) par une ellipse, ou plutôt un œuf, limité par la ligne ABCD du cercle intérieur métropolitain, de 9^{km} de long, $3^{km},5$ de hauteur à l'Ouest, et 2^{km} à l'Est, on ne trouve ailleurs aucun commerce autre que celui de l'alimentation, mais seulement de petites maisons habitées par les gens qui travaillent dans le jour dans la ville : cette portion considérable (les neuf dixièmes) du comté de Londres est divisée en paroisses (chapels) et constitue une véritable banlieue à densité souvent bien plus faible que celle des communes entourant Paris. Les constructions ne sont serrées que dans la ville proprement dite de Londres, occupée à l'Ouest par les musées, les magasins et les résidences aristocratiques, et à l'Est par les banques et les bureaux; ce petit bout de l'œuf C, dénommé la Cité (City), constitue dans la journée une fourmilière serrée, mais devient entièrement vide la nuit. Les Londoniens n'habitant pour ainsi dire pas la ville proprement dite, mais la banlieue, il est important pour eux de pouvoir s'y rendre facilement le matin et de la quitter le soir par des lignes radiales venant de la banlieue et aboutissant à la ville. Pendant longtemps, ils n'ont eu à leur disposition que les lignes de banlieue des grandes Compagnies de chemin de fer; les lignes métropolitaines électriques qui se sont créées successivement ou qui sont encore en projet ont presque toutes eu pour but de resserrer et compléter le réseau des lignes radiales. On a pris soin de faire pénétrer les lignes électriques au cœur de la ville, ou mieux de leur faire traverser cette ville dans sa hauteur (direction Nord-Sud). On a évité ainsi les inconvénients de beaucoup de lignes radiales à vapeur, dont les gares terminus n'aboutissaient qu'à la banlieue périphérique de la ville : les habitants débarquant aux gares autres que celles de Cannon street, Holborn viaduc, London bridge, Fenchurch street, Liverpool street et Broad street, étaient obligés de reprendre un autre véhicule pour se rendre à leur travail dans la ville et surtout dans la Cité.

Dans ce but, et d'une manière plus générale pour assurer les communications entre les divers points de la ville proprement dite, une seconde classe de moyens de transports est donc nécessaire. Ces moyens de transports, jusque dans ces dernières années, laissaient pas mal à désirer, surtout pour la vitesse. Les omnibus à chevaux, nombreux et fréquents, qui parcouraient le grand axe de l'ellipse dans Oxford street, allaient lentement à cause de l'encombrement de la rue; dans les directions Nord-Sud ou obliques, les voitures à chevaux étaient peu fréquentes et obligeaient à des changements de voitures. Beaucoup de gens se contentaient de prendre le métropolitain ou ligne de ceinture intérieure ABCD (inner circle), qui fait le tour de la ville proprement dite, et de faire à pied le trajet de la station la plus proche au point cherché, trajet qui, en raison de la forme elliptique de la ville, ne dépassait pas $1^{km},5$ de la ligne du métropolitain à un point intérieur quelconque. Mais dans ce métropolitain à vapeur, entièrement souterrain, régnait en permanence une odeur suffocante de fumée sulfureuse que les Anglais supportaient par nécessité, sinon par habitude (à quoi bon perdre du temps à se plaindre, nous disaient-ils, puisque nous sommes contraints de nous en servir?) et contre laquelle nous ne cessions de pester chaque fois que nous étions obligés d'y aller. Les moyens de transport intérieurs entre les diverses parties de la ville ont été grandement améliorés, d'abord par l'ouverture de la ligne électrique du Central London suivant le grand axe de l'ellipse, et le seront encore par l'ouverture très prochaine de la ligne électrique du Great Northern and Brompton Ry établie également dans le sens de la longueur de la ville (sous Brompton road, Piccadilly et Holborn), mais desservant une autre portion du gros bout de l'œuf. Ces deux lignes électriques, auxquelles il faut ajouter les tronçons Nord-Sud des lignes radiales dont nous avons déjà parlé, qui pénètrent dans l'intérieur de la ville ou la coupent entièrement, constituent des moyens de communication bien plus rapides que les omnibus à chevaux qui suivaient précédemment les mêmes

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. I, 30 mars et 15 avril 1904, p. 161 et 193.



parcours. Les omnibus de la ville, dont les trajets Nord-Sud ou obliques ne sont pas encore parcourus par des lignes électriques, ont aussi été rendus plus rapides depuis 2 à 3 ans par l'emploi de moteurs à essence dont le nombre est maintenant assez élevé. Enfin, les voyages dans le cercle intérieur du métropolitain ont cessé de devenir désagréables, en même temps qu'ils ont été un peu accélérés par l'électrification de cette ligne, exécutée il y a un an.

Il existe à Londres depuis longtemps une troisième catégorie de moyens de transports très fréquentée, parce qu'elle réunit les avantages des deux premières catégories : ce sont les trains de la Compagnie du Metropolitan Ry, du côté Nord et du District Metropolitan Ry du côté Sud, qui empruntent une partie du cercle intérieur ABCD et desservent directement un réseau de lignes se détachant de ce cercle et se dirigeant souvent assez loin dans diverses paroisses suburbaines dépendant du comté de Londres ou même situées en dehors. Ces trains étaient desservis jusqu'à présent par des locomotives à vapeur dont la fumée ne présentait pas d'inconvénient au delà du cercle intérieur où les lignes étaient à ciel ouvert; l'électrification de ces dernières lignes est presque achevée depuis le début de 1906, ce qui rend les trajets bien plus rapides.

Une quatrième classe de moyens de transports est formée par les tramways électriques comprenant plus de 200^{km} de lignes qui se développent de jour en jour et qui servent à relier entre elles les diverses paroisses du comté de Londres, pendant si longtemps isolées les unes des autres. La plupart de ces lignes, qui sont à caniveau, appartiennent au Conseil de Comté (County Council) ou vont être rachetées par lui, c'est-à-dire deviendront municipales. Dans la ville même, il n'existe et n'existera probablement jamais de tramways électriques qui encombreraient trop les rues. Comme nous l'avons dit il y a un instant, on met seulement des autobus là où ne passent pas des chemins de fer électriques ou le métropolitain (¹).

Enfin, nous rangerons dans une cinquième classe les moyens de transports particuliers. Ils sont représentés par les cabs à chevaux, voitures à deux roues, légères, élégantes et rapides, que l'on aura du mal à détrôner. Les essais de coupés électriques à deux essieux, entrepris il y a cinq à sept ans à Londres, n'ont pas eu plus de succès que ceux effectués à Paris. On ne trouve actuellement, à Londres comme à Paris, que quelques voitures de place à essence (¹).

Nous ne dirons rien de plus des quatrième et cinquième classes de moyens de transport, les voitures de place et les tramways électriques de banlieue; nous ne parlerons pas non plus des omnibus à chevaux ou automobiles, qui rentrent dans la deuxième catégorie des moyens de transport, ceux de la ville proprement dite. Nous passerons seulement en revue les lignes de chemin de fer électriques, existantes ou en projet, formant la première classe des moyens de transport : lignes de pénétration au bord ou dans le centre de la ville; la seconde : lignes reliant entre eux les divers points de la ville; et enfin la troisième : services desservant divers points de la ville, avec projection dans la banlieue. Nous nous contenterons d'ailleurs de faire connaître les particularités les plus saillantes de toutes ces lignes; nous n'en ferons pas la description complète, qui a été donnée dans les périodiques au moment de leur ouverture. Quant aux lignes électriques du Metropolitan Ry et du District Metropolitan Ry, qui sont toutes récentes, nous les décrirons avec plus de détails.

LIGNES DE PÉNÉTRATION ÉLECTRIQUES.

Toutes ces lignes sont entièrement souterraines, d'où le nom de *subways* qui leur est donné en Angleterre. Elles sont toutes à voie normale et appartiennent à des sociétés privées, distinctes des grandes compagnies de chemins de fer à vapeur.

1° City and South London Railway. — Cette ligne est la plus ancienne des lignes souterraines. Elle a été ouverte en décembre 1890, comme ligne de pénétration simple du sud de Londres (elle est représentée sur la figure 1 par une ligne de croix + + +), depuis la station de Stockwell jusqu'à la station du « Monument » au bord de la Cité, à 200^m de la Tamise, sur un parcours de $5^{km},7$. Elle répondait à un besoin considérable pour la banlieue sud et sud-ouest de Londres, située sur la rive droite de la Tamise, qui était très mal desservie. Outre qu'un grand espace vide existait entre les lignes à vapeur de Vauxhall du South Western Railway et celle de Wallworth du London Chatam and Dover Ry, la dernière n'aboutissait qu'à Holborn Viaduc, à 1^{km}

(¹) Les tramways et omnibus de Londres ont des tarifs, par zones de 1 penny ($0^{fr},10$), qui ne sont pas très bon marché si la distance est longue.

(¹) On vient, paraît-il, de monter sur ces voitures de place automobiles des compteurs ou taximètres, semblables à ceux de Paris, que peut-être on appliquera plus tard aux cabs ordinaires. Ceux-ci se sont payés, jusqu'à présent, d'après la distance évaluée à l'œil et non au compteur : 1 shilling ($1^{fr},25$) pour les deux premiers milles de 1600^m; 1 demi-shilling ($0^{fr},62$) par mille suivant; pourboires faibles. Malgré le manque de précision du procédé, les contestations sont assez rares et solutionnées très vite par les policemen.



de la banque qui est le centre de la ville des bureaux qu'est la « Cité ». Les voyageurs arrivant par la première ligne à la gare de Waterloo étaient encore plus mal partagés; ils devaient ou reprendre un embranchement à trains peu fréquents allant à Cannon street ou faire 2^{km} à pied ou en omnibus pour se rendre dans la Cité en traversant la Tamise; s'ils voulaient aller dans l'ouest, ils étaient obligés de traverser la Tamise (qui a 400^{m} de large) pour reprendre sur la rive gauche le Métropolitain à la gare de Charring Cross. La banlieue sud-est de Londres était déjà assez bien desservie par la ligne de South Eastern menant directement en face de la Cité à la gare de London Bridge sur la rive droite de la Tamise et conduisant avec correspondance par le petit raccordement de London Bridge et Cannon street.

Cette ligne, qui eut beaucoup de succès parce qu'elle apportait directement les habitants de la banlieue sud et sud-est au cœur de la Cité, a été prolongée au sud, en 1900, jusqu'à la station de Clapham Common, un peu au delà de la ligne du London Chatham et le terminus nord a été reporté un peu plus au nord à Moorgate street, à côté de la station du même nom du Métropolitain, ce qui a donné à la ligne un longueur de 8^{km}; en même temps on a abandonné la station du Monument voisine de la Tamise pour celle de la Banque adjacente à celle du même nom du Central London (dont il sera parlé plus loin). En juin 1901, la ligne a franchi les bornes indiquées par son titre et est devenue une ligne de pénétration de la banlieue nord : on l'a poussée dans le quartier d'Islington (assez délaissé jusqu'alors entre la ligne du North London avec sa gare de Broad street et l'embranchement de King's Cross à Moorgate du District Metropolitan) par les stations de Old street, de City Road et d'Angel, ce qui lui donne une longueur totale de 10^{km}. Un prolongement de 2^{km} de long en cours de construction ira rejoindre au nord-ouest les trois gares très importantes de Kings Cross (Great Northern Railway), de Saint-Pancras (Midland Railway) et d'Euston (North Western Railway). Les habitants de la banlieue de ces trois lignes pourront ainsi se rendre au sud de la Tamise par le City and South London encore plus vite que par le Métropolitain qui les y menait déjà directement. La ligne entière présentera ainsi une longueur totale de 12^{km}.

La construction de cette ligne en 1889 a fait sensation parce que c'était la première fois qu'on établissait une ligne de chemin de fer à très grande profondeur (12^{m}) et passant sous un fleuve (à 15^{m} de profondeur totale), le tout sans ouverture d'aucune tranchée dans les rues. Ce travail a été exécuté à l'aide d'un engin nouveau, le *bouclier*, qui a été utilisé depuis dans beaucoup de circonstances, notamment pour le collecteur de l'avenue de Clichy et pour divers tronçons du Métropolitain de Paris. La ligne est formée de deux tubes distincts pour les deux voies; chacun d'eux, qui mesure $3^{m},10$ de diamètre intérieur, est constitué par des tronçons en fer assemblés dans la cavité cylindrique au fur et à mesure de l'avancement du forage. Les rails (*fig.* 2),

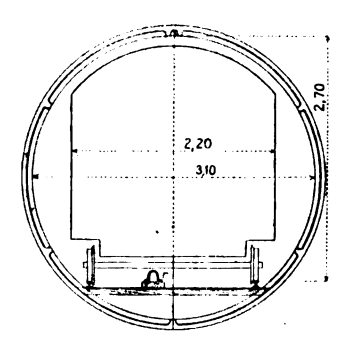


Fig. 2. — Coupe du City and South London Ry.

qui se trouvent à $2^{m},70$ au-dessous du sommet de la voûte, sont montés sur des traverses fixées à leurs extrémités dans le tube. La prise de courant se fait sur un troisième rail isolé *r* situé entre les rails de roulement. On descend dans les gares par des ascenseurs d'abord hydrauliques (il y a une installation de compression d'eau à l'usine centrale de Stockwell), dont une partie a été ensuite transformée en ascenseurs électriques; il y a maintenant 38 ascenseurs dont 12 hydrauliques et 26 électriques (¹).

Les trains formés au début de trois voitures sont maintenant composés de quatre voitures à bogies, à plafond fortement cintré et à caisse surbaissée mesurant intérieurement 9^{m} de long, $2^{m},05$ de haut et $2^{m},20$ de large avec un seul grand compartiment; ils sont toujours remorqués par des locomotives électriques; mais la puissance de celles-ci, qui au début n'était que de deux moteurs de 50 chevaux, a été augmentée et portée à deux fois 100 chevaux. Il y a actuellement 140 voitures et 52 locomotives, au lieu des 14 locomotives et 30 voitures du début.

La ligne du City and South London est peut-être la seule ligne métropolitaine électrique un peu longue actuellement existante, alimentée directement par une usine centrale à courant continu. Malgré la longueur importante du réseau, les résul-

(¹) Les ascenseurs électriques coûtent un peu plus cher d'entretien, mais consomment beaucoup moins d'énergie et reviennent en somme moitié moins cher; leur seul inconvénient est de prendre subitement beaucoup de courant (200 ampères).

tats économiques sont bons [1], d'après des chiffres fournis par M. Mac-Mahon, ingénieur de la Compagnie (voir *La Revue électrique*, t. I, février 1904, p. 84), mais doivent être attribués plutôt au soin extrême apporté dans l'exploitation qu'à la méthode de distribution en usage qui serait probablement tout autre si l'installation était de plus fraîche date. Au début de la ligne, en 1890, les usines à courant continu étaient seules usitées; la station centrale, établie à Stockwell en F (*fig.* 1), pouvait d'ailleurs à ce moment sans difficulté alimenter directement en courant continu à 500 volts les 6^{km} de ligne, à l'aide, sur chacune des voies, d'un troisième rail comme conducteur d'aller et de la voie de roulement comme conducteur de retour. Lorsque le réseau fut prolongé dans la banlieue nord et prit ainsi une longueur de 10^{km}, il ne fut plus possible de conserver la distribution à 500 volts et à 2 fils. Au lieu de créer une station centrale à courant triphasé et des sous-stations de conversion à courant continu, comme on l'aurait probablement fait, s'il s'était agi d'une installation entièrement nouvelle, on agrandit la station centrale à courant continu de Stockwell, dont on porta la tension à 2000 volts (*fig.* 3), en couplant en tension 4 génératrices à 500 volts D_1 à D_4 (le milieu Δ est à la terre). On fit la transmission à 2000 volts par 4 fideurs $B_1 b_1$, $B_2 b_2$, $B_3 b_3$, $B_4 b_4$, à 4 sous-stations C_1 à C_4 établies à Stockwell même, à Kennington, à London Bridge et à Angel (*voir* les emplacements sur le plan de la figure 1). Dans chaque sous-station se trouvent 4 moteurs générateurs de régulation à 500 volts

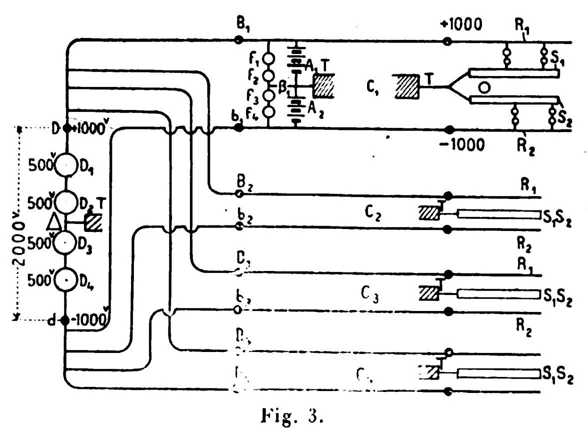


Fig. 3.

(*fig.* 3) f_1 à f_4 couplés en série et deux batteries d'accumulateurs A_1 et A_2; le point milieu B_1 est à la terre. La distribution se fait par un système à 3 fils (à 2 fois 1000 volts) constitué par les deux rails isolés R_1 au potentiel de + 1000 volts et R_2 au potentiel de — 1000 volts, posés l'un sur la voie montante et l'autre sur la voie descendante, comme conducteurs extrêmes reliés aux points B_1 et b_1, et par les rails de roulement S_1 et S_2 (de ces deux mêmes voies) reliés en parallèle à la terre comme conducteur intermédiaire. Cette installation, qui fonctionne régulièrement, montre que l'on peut, en prenant des précautions convenables, faire la traction à courant continu avec une différence de potentiel de 1000 volts entre le rail conducteur et la voie. Il est vrai qu'une bonne isolation est bien plus facile à maintenir dans une locomotive unique que sur un train à motrices où il y a bien plus de câbles. L'usine contient à présent deux machines à vapeur verticales Willans de 160 chevaux et deux de 400 chevaux et deux machines Corliss à faible vitesse de 800 chevaux.

Le profil des deux tubes est sensiblement horizontal, sauf les plongées pour le passage sous la Tamise. Le trajet de 10^{km} est effectué en 27 minutes, soit à la vitesse commerciale de 22 km : heure. Les trains se succèdent toutes les 2 minutes et demie le matin et le soir et toutes les 4 minutes le reste de la journée; il y a environ chaque jour 600 trains transportant 50000 voyageurs. Le tarif est uniforme et de $0^{fr},20$; il n'y a qu'une seule classe.

2° Waterloo and City Railway. — Cette ligne tubulaire (tracée par des points sur la figure 1), la seconde ouverte à Londres (en juillet 1898), appartient à une société formée par la grande Compagnie de chemin de fer à vapeur du London and South Western Railway, dans le but de reporter au centre même de la Cité sa gare terminus de Waterloo, perdue jusqu'alors sur la rive droite de la Tamise, comme il a été expliqué plus haut. Cette ligne, de $2^{km},5$ de longueur, sans stations intermédiaires, forme en quelque sorte, quoique distincte, un prolongement de la ligne du South Western desservant la banlieue sud-ouest de Londres. La dépense, qui aurait atteint au moins 125 millions si l'on avait voulu prolonger au niveau du sol la ligne de chemin de fer ordinaire, a été réduite par le passage souterrain à la modeste somme de 15 millions. La gare terminus de Waterloo du tubulaire est établie sous la grande gare; on y descend par des escaliers. Les deux voies sont établies dans deux tubes séparés situés généralement côte à côte à la même profondeur de 15^m, sauf dans la traversée sous la Tamise, un peu en amont du pont de Blackfriars, où, pour éviter une nappe d'eau, on a fait plonger le tube allant à la Cité au-dessous de l'autre à 20^m de profondeur, par une pente de 33^{mm} par 1^m, qui est une

[1] Le rendement électrique est de 81,8 pour 100 entre le rail conducteur et la station centrale; le kilowatt revient à $0^{fr},0475$, la dépense totale d'exploitation est de $0^{fr},317$ par train-kilomètre (frais d'amortissement généraux et d'administration non compris).

descente et non une rampe. Après la traversée de la Tamise, les deux tubes regagnent le même niveau et aboutissent à la Cité, à la grande station souterraine de la Banque, construite sous la place comprise entre l'Hôtel de Ville (Mansion House), la Banque et le Royal Exchange (autre banque) et qui sert également au City and South London et, comme nous le verrons, au Great Northern and City et au Central London Railway. Cette dernière gare est munie d'ascenseurs; on descend à celle de Waterloo par des couloirs en plan incliné.

Les deux tubes en fer recouverts d'un léger revêtement en ciment sont un peu plus grands que ceux du South London; ils mesurent (*fig.* 4) $3^{m},50$ de

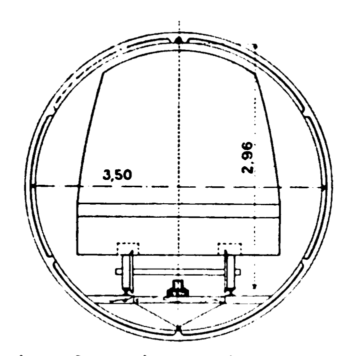


Fig. 4. — Coupe du Waterloo and City Ry.

diamètre intérieur; la hauteur de la voûte au-dessus du niveau des rails est de près de 3^{m}, exactement $2^{m},96$. Ceci a permis de faire circuler des voitures plus larges et plus hautes, offrant un plus grand cube d'air; le plafond est fortement cintré et les parois latérales, au lieu d'être verticales, sont obliques et forment un angle obtus de manière à remplir le plus possible la section du tube. Les voitures à bogies, qui ont $2^{m},30$ de hauteur intérieure, portent en leur milieu des sièges transversaux et aux extrémités des banquettes longitudinales laissant entre elles deux une sorte de plate-forme pour voyageurs debout; on y pénètre par des portes latérales. Les trains, qui se succèdent toutes les 5 minutes, se composent généralement de 4 voitures (dont 2 motrices) pouvant contenir 200 à 240 voyageurs, mais comportent aux heures chargées du matin et du soir 7 voitures pouvant transporter environ 400 voyageurs. Le trajet se fait en 5 à 6 minutes; comme il n'y a pas d'arrêt intermédiaire, un seul conducteur suffit pour faire le service de tout le train. Il n'y a qu'une seule classe; le trajet simple coûte $0^{fr},20$ et l'on délivre des billets d'aller et retour à $0^{fr},30$.

Les voitures motrices, munies chacune de 2 moteurs, portent à une de leurs extrémités une cabine de manœuvre permettant la commande des 4 moteurs du train. La prise de courant se fait à l'aide de sabots en fonte, fixés dans l'axe des bogies moteurs et frottant sur un rail conducteur en U renversé posé sur isolateur au milieu de la voie de roulement. Celle-ci est formée de rails du poids de $37^{kg},5$ au mètre courant, montés sur longrines en bois à l'écartement normal. Le courant continu à 500 volts, amené au rail conducteur, est produit directement dans une petite usine génératrice située en G (*fig.* 1) à côté de la station de Waterloo et comprenant 5 groupes électrogènes de 300 chevaux.

3° Great Northern and City Railway. — Cette ligne (marquée sur la figure 1 par des points et des traits), qui a été ouverte en mars 1904 et mesure $5^{km},5$ de long, avait d'abord été créée comme embranchement de la grande ligne du Great Northern Railway, destinée à mener les voyageurs de banlieue venant des au delà de Finsbury, dans la Cité même, au lieu de les conduire seulement à la porte de la ville à la gare de King's Cross. On a renoncé ensuite à faire le raccordement avec les voies à niveau à Finsbury. La ligne n'en est pas moins encore très utile, car, s'avançant plus loin que la partie nord de la ligne électrique du City and South London Railway, elle dessert les faubourgs nord de Londres situés à droite de la ligne à vapeur du Great Northern Railway, jusqu'à Finsbury où elle aboutit. La ligne part d'une station souterraine située sous la Banque, à côté de celle du South London et du Central London. Elle côtoie la ligne du South London de la Banque, à Old street, où la station est commune, en passant par Morgate street, dans une station communiquant avec celle du même nom du South London. La ligne continue isolément vers le nord par Essex Road et Highbury. De Highbury à Finsbury, en s'arrêtant à Drayton Park, la ligne électrique est voisine de la ligne de banlieue à vapeur du North London à laquelle elle fait concurrence.

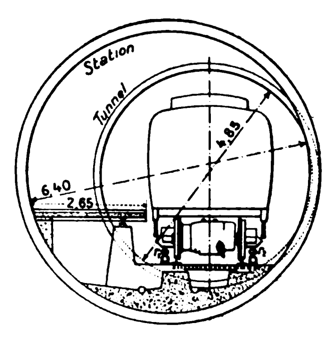


Fig. 5. — Coupe du Great Northern and City (tunnel et gare).

Les stations sont desservies par des ascenseurs électriques ou hydrauliques qui descendent les voyageurs dans deux galeries desservant les 2 quais de départ et contenus dans 2 tubes en fer, de $6^{m},40$ de diamètre.

(*fig.* 5), tangents intérieurement aux tubes des voies, qui ont $4^m,85$ de diamètre. Les quais se trouvent à la station de Finsbury, à 12^m au-dessous des voies (au niveau du sol) du Great Northern Railway. La voie se maintient à peu près partout à cette profondeur. La ligne ayant été prévue pour donner passage à du matériel de chemin de fer de gabarit ordinaire a été établie en tubes de fer de très grand diamètre ($4^m,85$) et à raison de un pour chaque voie. Il en est résulté une grande dépense de premier établissement, s'élevant à 10 millions par kilomètre environ et qui jusqu'à présent n'est pas bien utilisée, car les voitures employées ne remplissent pas toute la section du tube; leur plafond n'est pas cintré, mais à lanterneau horizontal du type ordinaire.

Ces voitures à bogies, de $15^m,40$ de long à un seul grand compartiment, peuvent contenir 54 à 56 places, elles ont $2^m,90$ de largeur et $2^m,60$ de hauteur de caisse. Les trains, qui se succèdent toutes les 3 minutes aux heures chargées de trafic et toutes les 5 minutes dans le milieu de la journée, sont composés de 7 voitures, dont 3 motrices, et pèsent 200 tonnes environ. Le trajet total de Finsbury Park à la Banque, de $5^{km},5$, est effectué en 15 à 16 minutes, soit une vitesse commerciale de 35^{km} à l'heure. Cette vitesse élevée, due à des accélérations rapides, est obtenue par l'emploi de 3 motrices commandées par le système Thomson-Houston à unités multiples et portant chacune 2 moteurs de 125 chevaux.

Les prix varient suivant la distance de $0^{fr},20$ à $0^{fr},30$.

La ligne présente cette particularité d'avoir 2 conducteurs de prise de courant, un r_1 pour l'aller et l'autre r_2 pour le retour, disposés à l'extérieur de la voie de roulement. Le segment de tube compris au-dessous de celle-ci est rempli par des briques afin de diminuer la sonorité et les trépidations de la marche. Les rails conducteurs, en forme d'U renversé, sont en acier à faible carburation, ayant une grande conductance, 14 pour 100 de celle du cuivre pur. Ils se trouvent à 25^{cm} en dehors des rails de roulement et 5^{cm} plus haut que lui; ils sont fixés sur des isolateurs en porcelaine reposant sur des tasseaux de fonte fixés aux traverses. Les prises de courant se font par des frotteurs à semelles, au nombre de 2 de chaque côté de la voiture, montés par l'intermédiaire d'un bloc de bois sous un longeron fixé sous les boîtes à huile du bogie.

Les rails conducteurs sont divisés en 4 sections, alimentées directement en courant continu à 550 volts par une usine génératrice H (*fig.* 1) située entre les stations d'Old street et d'Essex Road, près du Regent's Canal et qui contient 4 moteurs verticaux de 1250 chevaux. Le déchargement et la manutention du charbon ainsi que l'alimentation des grilles des générateurs sont entièrement mécaniques.

4° LIGNES EN PROJET DE CHARING CROSS, EUSTON, HAMPSTEAD, EDGWARE ET ARCHWAY. — La Société puissante des chemins de fer électriques souterrains (Underground Electric Railways Cy), qui a racheté le réseau du Metropolitan Ry et du District Métropolitan Ry, a obtenu la concession d'une ligne de pénétration (qui n'est pas encore construite) dans la banlieue nord. Cette ligne (marquée en traits ponctués dans la figure 1) partira de Charing Cross, où se trouve la grande gare du South Eastern Ry, traversera dans le sens de la hauteur l'ellipse de la ville par Granbourne station (où elle croisera la ligne du Great Northern and Brompton dont il sera parlé plus loin), puis Oxford street (où elle croisera le Central London), Tottenham court Euston Road (où elle croisera la ligne du Métropolitain) et Euston station (à côté de la grande gare du même nom du chemin de fer à vapeur du North Western Ry et de la gare du même nom où aboutira bientôt le City and South London); dans cette partie de 3^{km}, la ligne constituera en quelque sorte un moyen de communication intérieur transversal de la ville (on pourrait donc la faire rentrer dans la troisième catégorie des lignes mixtes analogues au Métropolitain). La ligne continuera au nord, à peu de distance des voies du North Western, sur $1^{km},3$, jusqu'à Camden Road, où se trouvera, à $4^{km},3$ de Charing Cross, une gare de bifurcation. Un embranchement de $3^{km},10$ se rendra à droite à Archway Tavern près de la ligne du Midland en passant par Castle Road Kentishtown (où existe une gare de la ligne à vapeur du North London). Un autre embranchement plus long se dirigera sur Hampstead (desservi actuellement par la ligne très longue du North London), puis sur Edgware. Cette ligne sera desservie par 5 sous-stations à courant continu (marquées par un gros point sur la figure 1) situées à Charing Cross, Kentish Town, Belsize Park et Golden Green, et qui recevront du courant triphasé à 11000 volts d'une grande usine centrale J établie par la Compagnie à Neasden et fournissant aussi le courant aux lignes du Métropolitain.

Cette ligne sera entièrement souterraine comme les précédentes et la voie sera construite comme celle de Baker street décrite plus loin et représentée en figure 8.

LIGNES ÉLECTRIQUES DE COMMUNICATION INTÉRIEURE DE LA VILLE.

5° CENTRAL LONDON. — Cette ligne souterraine, ouverte en 1900, traverse suivant son grand axe l'ellipse constituant la ville proprement dite de



Londres. Elle part de la station de la Banque, en plein centre de la Cité, passe en face le Post Office, près de la gare de Holborn Viaduc du London Chatam. Elle suit la grande artère d'Oxford street, où se trouvent les musées et les beaux magasins de la ville; au British Museum, près d'Holborn, elle coupe la ligne en construction du Great Northern and Brompton dont il sera parlé plus loin; à Tottenham court, elle coupe près de la station d'Oxford street la ligne en construction de Charing Cross, Euston Hampstead; à Oxford Circus, elle coupe la ligne de Baker street Waterloo dont il sera parlé dans un instant, puis longe sous Bay Water Road les jardins d'Hyde Park et de Kensington, coupe le cercle intérieur du Métropolitain à Notting Hill Gate et se prolonge un peu au delà jusqu'à la station de Sheperd Bush du District Metropolitan et du Great Western Ry. Le parcours est de $10^{km},5$.

La ligne est constituée (*fig.* 6) par deux tubes de

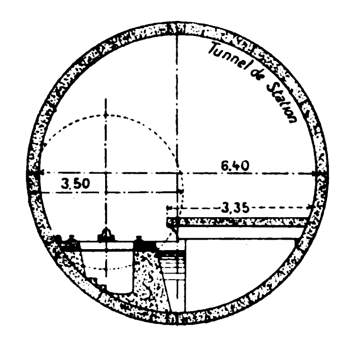


Fig. 6. — Coupe du Central London Ry (gare et tunnel).

fer séparés, de $3^m,50$ de diamètre intérieur. Elle présente un profil particulier établi en vue de diminuer les efforts de traction; à cet effet on a établi après chaque station, dans le sens de la marche, une pente d'abord raide, puis faible, qui facilite l'accélération et qui est immédiatement suivie d'une longue rampe destinée à réduire naturellement la vitesse sans presque aucun freinage; la vitesse est alors représentée entre stations par une courbe pointue sans partie horizontale qui correspond à la dépense d'énergie la plus réduite. Par exemple, pour deux stations distantes de 650^m, la marche est la suivante : accélération sur un palier de $48^m,75$, sur une pente de 33 pour 1000 pendant $89^m,90$ et sur une pente de 1,6 pour 1000 pendant $281^m,95$; puis retardation sur une rampe de 16 pour 1000 pendant $181^m,35$ puis sur un palier de $48^m,75$, à la fin duquel la vitesse doit être sensiblement nulle. Les tunnels se trouvent à une très grande profondeur au-dessous du sol, 25^m environ; dans les stations les deux quais sont séparés et enfermés dans deux tubes de $6^m,40$ de diamètre, tangents intérieurement aux tubes de la voie; on y accède par un ascenseur électrique et deux galeries latérales. La nuit, après la fin du service, on bouche le puits de toutes les stations intermédiaires et l'on applique à l'extrémité du tube, à Sheperd'sbush, un puissant ventilateur de 17^{chx} d'un débit de 28000^{m^3} à l'heure, qui provoque un appel d'air au travers de toute la longueur ($10^{km},5$) du tube. On remplace ainsi l'air vicié et chaud qui s'est accumulé dans la journée par de l'air frais, mais qui ne tarde pas à s'altérer de nouveau le lendemain. L'aspiration permanente appliquée en certains points du métropolitain de Paris paraît préférable, à défaut de la disposition d'évacuation et d'injection méthodique de l'air adoptée sur la ligne de Baker street (et dont il sera parlé un peu plus loin) qui est la plus efficace.

L'exploitation a d'abord été faite par des locomotives électriques puis à partir de 1902 par des voitures automotrices avec commande multiple. Cette ligne, située dans une direction assez mal desservie jusqu'alors, comme il a été expliqué au début, a un trafic considérable se répartissant assez régulièrement sur toutes les heures de la journée. Les trains se succèdent toutes les 2 ou 3 minutes. Les voitures sont du même type que sur les lignes précédentes, à un seul grand compartiment. Il n'y a qu'une classe et un tarif unique de 2 pence ($0^{fr},20$), quelle que soit la distance. Le parcours total est effectué en 25 minutes avec une vitesse commerciale de 22,5 km:h à l'heure et des vitesses maxima de 48 km:h.

La prise de courant se fait par des frotteurs appuyant sur un troisième rail, en forme d'U renversé, posé sur des isolateurs au milieu des deux rails de roulement. Le courant continu à 500 volts envoyé sur le rail conducteur provient de quatre sous-stations situées au Post Office à côté d'Holborn Viaduc, à Davies street, à Marble Arch et à Notting Hill. Ces sous-stations convertisseuses reçoivent du courant triphasé à 5000 volts produit dans une usine centrale K située à l'extrémité ouest de la ligne à Sheperd'sbush. Cette usine contient six groupes générateurs de 850 kilowatts.

6°. LIGNE DE BAKER STREET AND WATERLOO RAILWAY. — Cette ligne, qui appartient à l'Underground Electric Railway Cy, a été ouverte le 10 mars 1906, sauf sur deux petits tronçons extrêmes non encore terminés (elle est marquée sur la figure 1 par un trait et des points). Son terminus se trouve à 10 minutes de la grande gare de Paddington du Great Western Ry; elle côtoie d'abord un moment la ligne du cercle intérieur métropolitain en passant près de la gare de Marylebon de la ligne à vapeur du Great Central Ry (près de Baker street et non indiquée sur la figure 1 faute de place) à Baker

street et à Regent Park. Elle traverse ensuite dans la direction transversale sous Portland Road et Regent's street la ville proprement dite ; elle coupe à Oxford Circus le Central London et à Piccadilly Circus le Great Northern and Brompton. Elle atteint, après avoir passé à Trafalgar Square, la branche sud du cercle intérieur métropolitain à Embankment station (à côté de la grande gare de Charing Cross du chemin de fer à vapeur du South Werstern), traverse ensuite la Tamise, passe à la station de Waterloo, voisine de la gare du même nom du South Western, puis rejoint, en passant à Kensington Road, les lignes du South London et du London Chatam and Dower Ry à la station terminus d'Elephant et Castle. Les tronçons de Kensington Road à Elephant et Castle et de Upper Baker street (gare du Great Central) à Paddington station restent seuls à terminer. Cette ligne sera certainement très fréquentée, car elle donne une communication rapide, qui n'existait pas ou bien était longue par les omnibus et le demi-cercle intérieur du Métropolitain, de quatre grandes gares de Londres entre elles et avec la partie de la ville où se trouvent les plus beaux magasins. Elle peut être considérée en outre comme une petite ligne de pénétration de la banlieue sud de Londres vers la partie commerciale centrale et ouest de la ville.

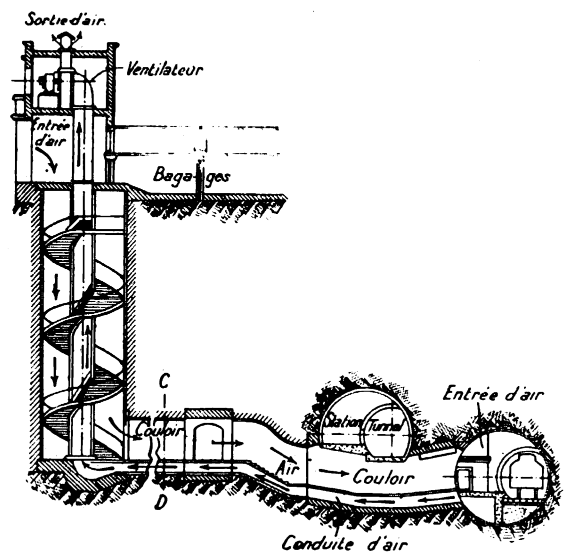


Fig. 7. — Coupe de la station de Waterloo.

La longueur totale de la ligne est de $8^{km},4$ dont $5^{km},4$ déjà ouverts. Elle est constituée par deux tubes distincts en fer, de $3^m,55$ de diamètre intérieur (*fig.* 7). Les stations situées à une grande profondeur sont toutes desservies par trois ou quatre ascenseurs répartis dans un ou deux puits de descente. Ce ou ces puits verticaux conduisent par une courte galerie horizontale aux deux quais établis dans deux tubes distincts en fer de $6^m,44$ de diamètre intérieur. Des dispositions particulières ont été prises pour obtenir une ventilation plus énergique que celle des autres chemins de fer souterrains électriques de Londres où l'on se contentait de l'appel d'air extérieur par les puits des stations ; appel facilité, il est vrai, par le déplacement même du train formant piston pneumatique dans les tubes séparés dont ils remplissent presque la section (ce phénomène ne se produit pas dans les tunnels à double voie des métropolitains de Paris, Berlin, Buda-Pest, New-York, Boston, etc., où la marche des trains ne provoque pas un appel d'air aussi énergique). On a installé (voir *fig.* 7) dans six gares de la ligne, au niveau du sol, de puissants aspirateurs qui aspirent chacun 518^{m^3} d'air vicié des tunnels, soit au total expulsent au dehors par heure 186000^{m^3} d'air pris dans les tunnels ; un volume d'air égal pénètre dans ceux-ci par toutes les ouvertures des stations et notamment par un tube vertical en fer entièrement vide de $1^m,36$ de diamètre ménagé au centre de l'escalier hélicoïdal de secours dont chaque station est pourvue.

Il n'y a qu'une classe de voyageurs et un prix unique de $0^{fr},20$ quel que soit le parcours. Le service est fait par des trains partant toutes les 3 minutes et comprenant six voitures aux heures chargées et trois voitures seulement aux heures de faible trafic. Dans les deux cas, il n'y a que deux voitures motrices placées aux extrémités du train et commandées par le système Thomson-Houston à contacteurs. La vitesse commerciale est de $22^{km},5$ à l'heure et la vitesse maxima de marche 56^{km} à l'heure.

Le matériel roulant est composé de 36 voitures motrices portant chacune deux moteurs de 200 chevaux et de 72 voitures ordinaires. Ces voitures à bogies, à lanterneau fortement cintré, mesurent $15^m,20$ de long, $2^m,60$ de large et $2^m,86$ de hauteur au-dessus du niveau des rails. Elles sont entièrement construites en acier, sauf quelques aménagements intérieurs en bois. Le compartiment unique contient des sièges longitudinaux pour 36 voyageurs disposés le long de ses parois et des sièges transversaux pour 16 voyageurs placés dans la partie centrale de la voiture.

Dès précautions spéciales ont été prises pour empêcher les vibrations ressenties sur les trains et communiquées aussi par les tubes aux fondations des maisons. Les traverses sur lesquelles sont fixés les rails de roulement et conducteurs sont en bois de karri d'Australie, élastique, très résistant et incombustible ; ces traverses reposent dans leur partie médiane (*fig.* 8) sur un lit rigide remplissant toute la calotte inférieure du tube et constitué par

du béton recouvert d'une couche de mortier de ciment et de sable agglomérés avec du ballast ; les extrémités de la traverse correspondant à l'aplomb des rails de roulement reposent sur une couche plus élastique de ballast en pierres concassées. Il y a deux rails conducteurs, la voie de roulement n'étant pas utilisée pour le retour du courant ; ces deux rails, qui sont en acier de grande conductibilité électrique et ont une forme massive, sont montés sur des isolateurs en pierre vitrifiée de la maison Doulton, fixés sur les traverses en bois, l'un au milieu et à $0^m,037$ au-dessus des rails de roulement et l'autre à l'extérieur et à $0^m,076$ au-dessus de l'un des rails.

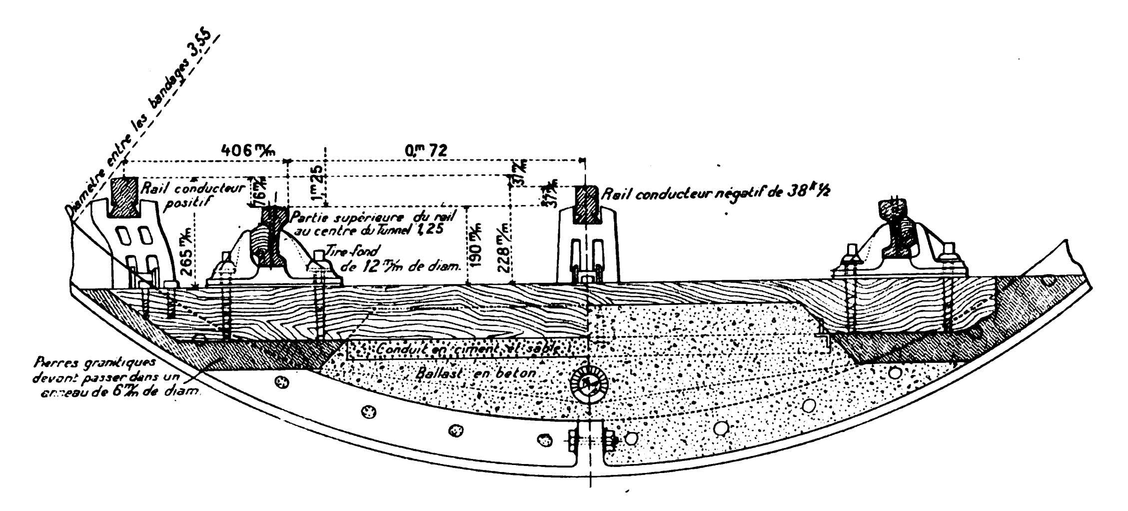


Fig. 8. — Détail de la voie.

Le courant continu à 550 volts est fourni à cette ligne par les trois sous-stations de Charing Cross, Saint-Georges Circus et Baker street (marquées par des points sur la figure 1), desservies par l'usine triphasée à 11 000 volts L établie au sud de Londres, à Chelsea, et servant également aux lignes du District Metropolitan. Un dépôt a été établi à Saint-Georges près du terminus sud d'Elephant et Castle.

Lignes électriques de communication intérieure de la ville et de la banlieue.

7°. Great Northern and Brompton Railway. — Cette ligne, actuellement en construction, appartenant à l'Underground Electric Railway Cy, est une ligne de pénétration de la banlieue nord, puisqu'elle réunit Finsbury Park (déjà terminus du Great Northern and City) à la ville, mais par un parcours situé un peu plus à l'ouest et côtoyant constamment la ligne à vapeur du Great Northern jusqu'à King's Cross. Elle aura sur la ligne à vapeur l'avantage de mener les voyageurs non pas à l'entrée de la ville (comme l'est la gare de King's Cross) mais dans le centre et à l'ouest de la ville, car elle continue au delà de King's Cross jusqu'à Holborn station (où elle coupe la ligne souterraine du Central London), puis elle passe sous les voies très commerçantes, et non encore desservies autrement que par les omnibus, du Strand et de Piccadilly (à Granbourne station, elle coupe la ligne de Charing Cross Easton et Hampstead et à Piccadilly Circus elle coupe la ligne Baker street et Waterloo) ; elle dessert ensuite les quartiers résidentiels d'Hyde Park, Sloane street, Brompton Road et South Kensington ; dans cette portion elle constitue une ligne de communication intérieure de la ville. Elle se prolongera par une ligne de banlieue côtoyant une ligne du District Métropolitan jusqu'à Hammersmith en passant par Earl's court (emplacement servant à des expositions) à West Kensington et à Baron's court. Elle présentera ainsi une longueur totale de près de 15^{km}.

8°. Lignes électrifiées du Metropolitan Ry et du District Metropolitan Ry. — Le cercle intérieur, entièrement souterrain, qui a longtemps constitué, comme nous l'avons dit au début, le seul moyen de communication entre les diverses parties de la ville proprement dite, appartient, dans sa partie supérieure de High street (Kensington) à Aldgate, au réseau du Metropolitan (marqué en grosse ligne ponctuée sur la figure 1) et dans sa partie inférieure au réseau du District Metropolitan (marqué en gros trait plein sur la figure 1). Le premier réseau, qui est antérieur même au District Metropolitan ouvert en 1868, comprend en outre du demi-anneau

nord intérieur de 12km un embranchement ou extension de 25km,6 à ciel ouvert, concédé depuis quelques années seulement de Baker street à Harrow et à Uxbridge; ces deux lignes forment ensemble une longueur de 41km,6 et ont été électrifiées en 1905. Une ligne allant au nord à Verney Junction (non représentée sur la figure 1) par Buckinghamshire et sur laquelle le Metropolitan fait circuler également des trains est maintenue à vapeur jusqu'à nouvel ordre. Le réseau du District Metropolitan, dont les premières lignes datent de 1868, comprend la moitié sud (de 13km) entièrement souterraine de l'anneau intérieur de Kensington (High street) à Aldgate station par Charing Cross qui a été électrifiée en 1905 et une ligne tubulaire d'Earl's court à Mansion house en cours de construction sous l'ancienne ligne à vapeur qu'elle doublera sur 10km (cette ligne sera établie exactement comme la ligne de Baker street décrite plus haut). Il comprend en outre une série d'embranchements à ciel ouvert se détachant du cercle intérieur pour gagner des banlieues souvent assez éloignées : à l'ouest, Ealing (7km,5 d'Earl's court) et Hounslow Barracks (17km d'Earl's court et 9km,5 d'Earling) et South Harrow (à 8km d'Earling et 15km,5 d'Earl's court) avec autorisation de circulation sur l'extension du Metropolitan au delà de Harrow jusqu'à Uxbridge, soit à une distance totale de 27km à partir de Earl's court; au sud, en plus de la faculté de circuler sur 5km de Turnham Green à Richmond, ce qui donne un trajet de 10km d'Earl's court à Richmond, le réseau se dirige sur Putney (3km,5 d'Earl's court) avec l'autorisation de circulation au delà jusqu'à Wunbledon (soit un trajet total de 11km); à l'est le District Métropolitain a l'autorisation de circulation d'Aldgate à White Chapel et à New Cross (soit 6km,5) d'une part, et d'autre part d'Aldgate à White Chapel et à Bromley Bow (ligne de Southend) par East Ham (soit un trajet total de 14km à partir d'Aldgate). L'ensemble du réseau du District Metropolitan présente une longueur totale de 45km de lignes propres et, avec les lignes sur lesquelles il y a des autorisations de circulation, de 65km qui sont entièrement électrifiés depuis janvier 1906.

Les réseaux du Metropolitan Ry et du District Metropolitan Ry qui, on le voit, sont intimement liés l'un à l'autre par la ligne du cercle intérieur, sont exploités depuis quelques années par une Société unique, l'Underground Electric Railway Cy. Cette Société, qui exploite également les chemins de fer souterrains électriques de Baker street and Waterloo Railway et des Charing Cross, Hamptead and Edgeware road et Great Northern and Brompton, a entrepris l'électrification du réseau complet métropolitain et du District Metropolitan à la suite de l'obligation imposée par le Parlement de supprimer la traction à vapeur sur l'anneau souterrain seul. L'application de la traction électrique à toutes les lignes des deux réseaux a permis de faire une installation d'ensemble unique très importante dont on trouvera les détails dans un prochain numéro. Il nous suffira de dire que l'exploitation se fait à courant continu à 550 volts [1] par troisième rail et que l'énergie électrique est produite par courants triphasés à 11 000 volts dans deux usines centrales : une située au nord à Neasden et l'autre au sud à Chelsea, au bord de la Tamise et qui alimenteront des sous-stations convertisseuses, dont une partie, comme il a été signalé plus haut, desservent les lignes tubulaires appartenant à l'Underground electric Railway Cy. On trouvera également dans un prochain numéro des détails sur les installations de voie et de matériel roulant.

L'exploitation se fait par trains à unités motrices multiples. Certains trains de grandes lignes à vapeur, qui empruntent une portion des lignes du cercle intérieur, pour pénétrer dans la ville, sont remorqués sur ces parcours par des locomotrices électriques.

Les premiers trains électriques ont circulé sur la ligne de Baker street à Uxbridge, du Métropolitan, le 1er janvier 1905; sur le District Métropolitan, ils ont été mis en service en juin 1905 d'Earl's court à Hounslow, en juillet 1905 d'Earling à White Chapel par la branche sud du cercle intérieur, puis en août 1905 sur les lignes de Putney et Richmond. Des trains électriques ont ensuite remplacé progressivement les trains à vapeur sur la moitié nord du cercle intérieur appartenant au Métropolitan et sur les autres lignes du District Métropolitan. Prochainement tous les trains à vapeur auront disparu sur les deux réseaux (sauf de la ligne de Verney Junction du Métropolitan sur laquelle on doit conserver la traction à vapeur), puisque dans le premier semestre de 1906 il y a eu 2603124km trains électriques et 636km trains seulement à vapeur contre 1686657km trains électriques et 1673209km trains à vapeur dans le premier semestre de 1905. D'après les Rapports officiels, les recettes n'ont augmenté d'une année à l'autre pendant les 2 semestres correspondants que de 6,8 pour 100, tandis que les dépenses d'exploitation ont augmenté de 40 pour 100. Il n'en faut pourtant pas conclure, comme le fait

(1) Le choix du genre de courant a donné lieu à une discussion très vive. Un projet de la Société Ganz comportant la traction par courants triphasés, comme à la Valteline, avait été adopté en 1901 pour le Metropolitan Ry tandis qu'on avait en vue le courant continu sur le réseau du District Metropolitan Ry. Un décret des autorités a finalement imposé le courant continu sur les deux réseaux.



notre confrère *Engineering*, que les résultats de l'électrification du Metropolitan Ry et District Metropolitan Ry sont peu encourageants. D'abord le nouveau mode de traction est encore trop récent sur ces réseaux pour avoir pu provoquer une augmentation considérable du trafic qui se manifestera peut-être plus tard et d'une manière progressive. Il ne faut pas oublier non plus que cette électrification n'a pas été entreprise dans le but purement économique d'augmenter les bénéfices du réseau, mais a été pour ainsi dire imposée par raison hygiénique, à cause du passage dans les parties en tunnel du cercle intérieur. En effet, il ne faut pas s'attendre à réaliser sur les lignes du Metropolitan et District Metropolitan des recettes et par suite des bénéfices aussi considérables que les lignes de pénétration proprement dites qui présentent une moins grande longueur de voies et amènent généralement les voyageurs plus au centre de la ville. Or il est bien évident que la traction électrique ne procure les grosses recettes nécessaires pour lui donner la supériorité commerciale sur la vapeur que si les circonstances permettent des accroissements de trafic. Si, par exemple, la ligne de Ceinture de Paris (nous ne parlons pas de la ligne Auteuil-Saint-Lazare appartenant en propre à l'Ouest) était électrifiée et rendue ainsi plus rapide, cette mesure n'augmenterait pas énormément le trafic qui, dans le sens circulaire des fortifications, est forcément limité, tandis que le trafic dans les lignes diamétrales du métropolitain parisien ou des lignes radiales de pénétration des grands réseaux français est susceptible de développements d'autant plus grands que les facilités offertes aux voyageurs sont plus grandes. Ch. Jacquin.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. BP. 13697, 1906 (traction électrique). — Bailey. USAP. 833017, 27 mai 1905 (chemin de fer électrique). — Brown. USAP. 827681 et 830131, 23 fév. et 27 avril 1905 (système de traction à 3e rail sectionné). — General Electric Cy. BP. 23441, 1905 (chemin de fer électrique). — Hart et Durtnall. BF. 368971, 17 août 1906 (mode de propulsion des véhicules et des bateaux). — Kintner. USAP. 828322, 3 déc. 1903 (système de traction à conducteur sectionné). — Mitchell et Dolter Electric Traction Cy. BP. 14297, 1905, (traction électrique). — Schrœder. USAP. 831245, 17 avril 1905 (puissances mécanique et électrique combinées pour trains). — Weiss. USAP. 827766, 27 avril 1905 (automobile).

Conducteurs et voie : *Ligne à trôlet :* Schrœder. USAP. 831302, 29 mai 1906 (voie pour lignes électriques aériennes. — *Ligne à 3e rail :* Gill (Mac). USAP. 829416, 14 déc. 1905 (Isolateur pour 3e rail). — Gilmore. USAP. 832312, 27 sept. 1905 (section isolée pour chemin de fer). — Kintner. USAP. 828747, 24 janvier 1906 (3e rail sectionné). — Murphy. USAP. 831624, 9 fév. 1906 (3e rail). — *Ligne à contacts superficiels :* Pullen. USAP. 832416, 18 mai 1905 (chemin de fer électrique à contact superficiel électromagnétique). — Stock et Burns. USAP. 827189, 1er sept. 1905 (tramway à contacts superficiels). — *Joints conducteurs :* Clark. USAP. 824845 et 831830, 13 oct. et 27 mai 1905. — Daniels. USAP. 831776, 8 juin 1903 (joint de rail conducteur enroulé de façon à produire des effets inductifs). — Sturdevant. USAP. 827827, 2 déc. 1904.

Prises de courant : *Trôlet :* Barry. USAP. 834100, 1er mai 1905. — Blixt. USAP. 827344, 3 juillet 1905 (abaisseur de trôlet). — Brown. USAP. 831412, 16 déc. 1905 (roue de trôlet). — Brundl. USAP. 826782, 11 déc. 1905 (tête de trôlet). — Bryant. USAP. 830409, 31 oct. 1905. — Burke. USAP. 833505, 28 déc. 1905. — Boggs. USAP. 831530, 21 sept. 1905. — Case. USAP. 830568, 10 mars 1905 (trôlet). — Dreijer. USAP. 833312, 6 juin 1904 (trôlet). — Donald (Mac). USAP. 833080, 31 août 1905. — Dresser. USAP. 829390, 14 sept. 1905 (perche de trôlet). — Etly. USAP. 829641, 13 déc. 1905 (perche de trôlet). — Fleming. USAP. 827090, 13 juillet 1905 (tête de trôlet). — French. USAP. 832614, 15 nov. 1905 (perche de trôlet). — Gilmore. USAP. 832185, 27 sept. 1905 (croisement pour trôlet). — Grasberger. USAP. 826565, 17 août 1905 (perche de trôlet s'abaissant automatiquement en cas de déraillement). — Haudenshield. USAP. 831509, 10 nov. 1905. — Holland. USAP. 834134, 5 août 1905 (base de trôlet). — Holmes et Allend. BP. 8029, 1906. — Heating. USAP. 829109, 3 fév. 1906. — Lidster et Holling. USAP. 828489, 4 déc. 1905 (roue de trôlet). — Livingstone. USAP. 831792, 29 mars 1905 (roue de trôlet). — Pringle. BP. 6077, 1906 (protecteur pour trôlet). — Pfrimmer. USAP. 831467, 2 nov. 1905 (tête de trôlet). — Prentiss. USAP. 826709, 10 mai 1905 (perche de trôlet). — Schneider. USAP. 828629, 10 fév. 1906. — Tartt. USAP. 830686, 28 déc. 1903. — Thomas. USAP. 827829, 26 août 1905. — Troxler. USAP. 833353, 10 oct. 1906. — Young et Pickering. USAP. 832765, 13 nov. 1905 (roue et support de trôlet). — Wood. USAP. 829822, 23 fév. 1905 (trôlet pour traction sur les canaux). — *Divers :* Linden et Hiersemann. USAP. 827314, 18 oct. 1905 (prise de courant pour 3e rail).

Combinateurs et freins : Bennett. USAP. 829135, 28 déc. 1905. — Clark. USAP. 829139, 16 mai 1906 (fil pilote servant à contrôler les trains à commande par unités multiples). — Collum (Mac). USAP. 12510, 18 juin 1906 (régulateur de vitesse de voitures de tramways). — General Electric Cy. BP. 18448, 1905 (combinateur pour automobiles). — Imeson. USAP. 829403, 3 avril 1906 (doigts de contact pour combinateurs). — Niederalexander. USAP. 827988, 2 sept. 1902 (coupleur de circuits entre voitures). — Shedrick. USAP. 831304, 12 août 1905 (combinateur à contacteurs actionnés par des électro-aimants).

Divers : Coleman. USAP. 829142, 15 fév. 1904 (contrôle du trafic sur les lignes de chemins de fer). — Gaylord. USAP. 829864, 29 sept. 1905 (indicateur de sûreté pour ascenseurs et tramways, destiné à prévenir le public de la mise en marche). — Poser. USAP. 827323, 14 sept. 1905 (interrupteur électromécanique pour lignes de tramways). — Quertier. USAP. 827325, 9 oct. 1905 (poteaux pour conducteurs de tramways à double voie). — Tyer. USAP. 832709, 5 janvier 1904 (dispositif de sûreté pour la circulation des tramways). — Wallace. USAP. 830119, 13 juin 1906 (contrôle des appareils réglant le passage des trains).

MESURES ET ESSAIS.

MESURE DES TEMPS.

Sur l'emploi du miroir tournant à la mesure des très petites durées. Étude d'un phénomène lumineux variable rapidement avec le temps. — Le miroir tournant a été imaginé par Wheatstone et employé par lui en 1834 pour la mesure de la vitesse de propagation de l'électricité. C'est en l'utilisant d'une manière des plus ingénieuses que Foucault, au cours d'expériences aujourd'hui classiques (1850-1862), parvint à mesurer la vitesse de la lumière et à en fixer la valeur au voisinage de 298000 km : sec. C'est encore au moyen d'un miroir tournant que Feddersen (1863) mit en évidence, en la photographiant, le caractère oscillatoire de l'étincelle électrique.

Qu'un phénomène lumineux périodique, ou plus généralement d'intensité variable avec le temps, se produise en A (*fig.* 1) devant un miroir tour-

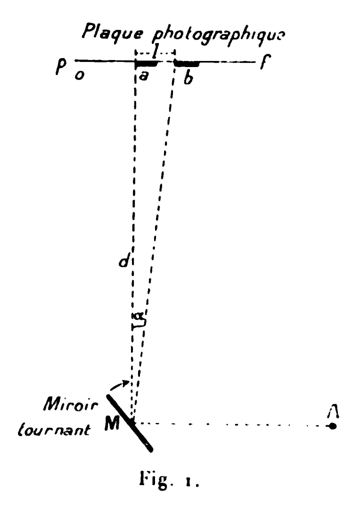


Fig. 1.

nant M qui renvoie le faisceau de lumière émise dans l'œil d'un observateur ou mieux encore sur une plaque photographique p. On comprend aisément alors que, par son mouvement même, le miroir dissocie le phénomène. Le faisceau de lumière réfléchie balaie la plaque photographique de o en f et l'impressionne plus ou moins vivement suivant l'intensité de la lumière émise, étageant ainsi dans l'espace sur la plaque les divers aspects du phénomène qui se succèdent en A dans le temps. On peut dès lors examiner à loisir sur la plaque p, ultérieurement développée, les phases successives du phénomène depuis sa naissance jusqu'à sa fin et les séparer même aussi complètement qu'on le désire les unes des autres; il suffit pour cela de donner à la vitesse de rotation du miroir une valeur convenable.

C'est ainsi que Feddersen étudia l'étincelle explosive d'une bouteille de Leyde et mit en évidence le caractère oscillatoire de la décharge. Plus récemment, M. Tissot a repris, après M. Décombe, cette méthode de Feddersen et il a su la rendre assez pratique pour déterminer à son aide des périodes d'étincelles oscillantes atteignant 10^{-6} seconde ($\frac{1}{1000000}$ de seconde). Feddersen opérait avec un miroir qui faisait au plus 55 tours à la seconde; les émulsions sensibles au gélatinobromure que nous possédons aujourd'hui étaient alors inconnues, aussi les expériences ne portèrent-elles que sur des périodes de l'ordre de 10^{-4} seconde ($\frac{1}{10000}$ de seconde). D'ailleurs l'évaluation de la période était peu précise, Feddersen ne s'inquiéta que de mettre en évidence le caractère oscillatoire de la décharge; on ne savait alors produire que des oscillations électriques relativement lentes.

La détermination de la durée t qui s'écoule entre le début de la décharge (première bande lumineuse a imprimée sur la plaque p) et sa production en sens inverse (deuxième bande lumineuse b relevée sur p), durée qui mesure la demi-période de l'oscillation, se déduit facilement des dimensions du dispositif et des données de l'expérience.

La relation $t = \frac{l}{4\pi N d}$, obtenue ci-dessous [1], montre que la durée de la demi-période et plus gé-

[1] Soient l l'écart (mesuré à la machine à diviser) entre deux points homologues des deux impressions successivement enregistrées sur la plaque p; d la distance séparant le miroir M de la plaque photographique p; $\omega = 2\pi N = \frac{2\pi}{T}$ la vitesse angulaire du miroir, on a

$$t = \frac{l}{4\pi N d},$$

car, en effet, l'angle α sous lequel on voit de l'axe du miroir tournant l'écart l des impressions photographiées est tel que

$$\text{tang}\,\alpha = \text{tang}\,2\pi N t = \frac{l}{d},$$

N étant le nombre de tours par seconde fait par le miroir, T la durée d'un seul tour du miroir.

Comme l'angle α est très petit, on peut confondre α et tang α, cela avec une approximation d'autant plus grande que la distance d de la plaque photographique au miroir est plus grande.

néralement la durée d'un phénomène lumineux d'intensité variable avec le temps sera connue si, ayant mesuré l'écart l sur la plaque photographique, on a pris soin de mesurer la vitesse angulaire $\omega = 2\pi N$ du miroir tournant.

Feddersen, comme Foucault et comme Wheatstone, déterminait le nombre N de tours du miroir à la seconde par l'évaluation de la hauteur du son d'axe.

M. Tissot emploie une méthode indiquée par M. Lippmann qui consiste à utiliser un doigt conducteur porté par l'axe même du miroir tournant, à charger, puis décharger N fois par seconde, un condensateur étalon dans un galvanomètre dont on observe la déviation. Un étalonnage préalable exact était opéré et contrôlé par une mesure stroboscopique.

Ces divers procédés ne permettent d'obtenir que la vitesse moyenne de rotation du miroir. Étant donné le très court laps de temps que dure l'impression photographique, l'extrême rapidité du phénomène étudié, il est très désirable de mettre en œuvre un procédé qui permette de mesurer la vitesse instantanée du miroir.

La mesure ne se trouve pas alors entachée de l'erreur due aux variations inévitables de vitesse que le miroir tournant présente pour diverses raisons (résistance de l'air, inconstance de la lubrification, vibrations du dispositif inévitables aux très grandes vitesses réalisées, etc.).

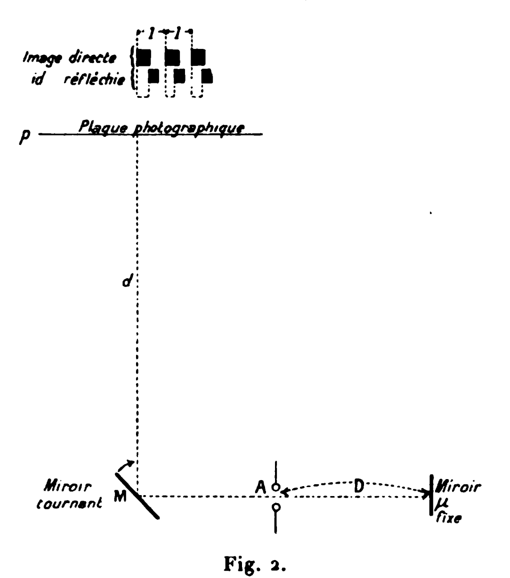


Fig. 2.

Nous avons utilisé une méthode de détermination de la vitesse de rotation des plus simples qui permet d'ailleurs de vérifier si on le désire jusqu'à quel point la rotation du miroir est uniforme.

Un miroir fixe μ (*fig.* 2) est disposé derrière l'étincelle A à une distance D qu'on peut faire varier d'une expérience à l'autre. Ce miroir μ reçoit normalement le faisceau émis en A par l'étincelle étudiée et le renvoie sur le miroir tournant M. De cette manière le miroir tournant ne dissocie plus seulement une image, mais bien deux, celle due au faisceau direct AMp, et celle due au faisceau réfléchi sur le miroir μ. Les images de retour impressionnent la plaque photographique en présentant un certain retard sur les impressions dues aux images directes. Ce retard n'est autre que le temps mis par la lumière pour effectuer le chemin aller et retour Aμ, μA. Or la lumière parcourt 300000^{km} à la seconde. Si la distance Aμ est de 30^{cm}, par exemple, le retard des impressions photographiques dues aux images directes et réfléchies sera de $\frac{2 \times 30}{3 \times 10^{10}}$ seconde, soit 2 *billionièmes de seconde*. Il est évident que, pendant un si court instant, le miroir tournant, à moins de se mouvoir à des vitesses impraticables, ne pourra effectuer qu'une très faible rotation. Il faudrait, pour décaler d'une manière perceptible l'impression réfléchie sur l'impression directe, donner à la distance d qui sépare le miroir tournant de la plaque photographique une très grande valeur. On serait alors arrêté par le manque d'intensité lumineuse des images qui ne laisseraient plus aucune trace sur la plaque photographique.

Quoi qu'il en soit et en ne tenant pas compte pour l'instant des difficultés de réalisation pratique de la méthode, le retard entre les deux images directe et réfléchie étant

$$\frac{2D}{V},$$

(V vitesse de la lumière), si le miroir tournant fait N tours par seconde, le décalage λ entre deux points homologues des images reçues en p est

$$\lambda = \frac{4\pi N d \times 2D}{V}.$$

La mesure de D, de d, de λ et la connaissance de V (vitesse de la lumière) permettent la détermination du nombre N de tours par seconde du miroir.

Si donc on parvient à rendre λ mesurable micrométriquement, mesure qui pourra être rendue très précise par l'examen microscopique du cliché obtenu, on en déduira la vitesse angulaire instantanée du miroir au moment de l'impression des images :

$$\omega = 2\pi N = \frac{V\lambda}{4Dd}.$$

On peut d'ailleurs disposer les choses de manière à ce que le miroir tournant détermine par son mou-

vement même la production en A du phénomène à étudier au moment où il se trouve dans la position convenable pour l'impression photographique.

En particulier, si le phénomène produit en A consiste en une série d'éclairements successifs, périodiques ou non, suivis d'extinction (ce qui a lieu lorsqu'on produit en A une étincelle oscillante de Hertz), chaque image consiste en une série de maxima et minima successifs. Si l'on a pris soin de faire coïncider au même point de la plaque p l'image directe et l'image réfléchie (le miroir M étant au repos et incliné à 45°), il se produit lors de la rotation du miroir M un décalage λ (représenté en haut de la figure 2), des impressions dues à l'image directe sur celles dues à l'image réfléchie.

Soit l l'écart sur la plaque p entre le premier maximum et le second maximum de l'image directe; si τ est la période de l'oscillateur de Hertz, on a

$$l = 4\pi N d \times \frac{\tau}{2} = 2\pi N d \times \tau.$$

De la connaissance de d, de N (fourni par la détermination du décalage λ relatif au maximum mesuré) et de l on déduit la valeur de τ.

Si pendant la durée de ces deux impressions des maxima et minima successifs dues aux images directe et réfléchie, la vitesse de rotation du miroir M est demeurée constante, on en est averti par la constance du décalage λ. Si la vitesse du miroir a varié, la mesure du décalage λ relatif au maximum étudié fait connaître la valeur exacte de la vitesse du miroir au moment de cette impression. Si l'étincelle A, et plus généralement le phénomène lumineux d'intensité variable avec le temps produit en A, est périodique, on en est averti par la constance de l'écart l séparant les maxima successifs de chaque image alors que le relevé des décalages λ indique une vitesse constante du miroir M.

En résumé, le dispositif que nous avons imaginé et la méthode que nous employons peuvent être caractérisés en les considérant comme l'inverse de la méthode classique que Foucault imagina pour la mesure de la vitesse V de la lumière. Connaissant le nombre de tours à la seconde N du miroir tournant et les dimensions du dispositif, Foucault en déduisait la mesure de V. Ici connaissant V et les dimensions du dispositif, on en déduit la vitesse du miroir à l'instant de l'impression photographique.

On peut encore rapprocher cette méthode de celle imaginée en 1899 par MM. Abraham et Lemoine pour l'étude des durées extrêmement courtes et appliquée à l'étude du phénomène de Kerr et à celle de la polarisation rotatoire magnétique. Notre méthode peut en effet être considérée comme la combinaison de la méthode du miroir tournant et du principe sur lequel repose la méthode de MM. Abraham et Lemoine : une durée extrêmement courte peut être déterminée par la mesure de l'espace que parcourt la lumière pendant cette durée elle-même.

Toutefois, en pratique, notre méthode paraît irréalisable puisque, si nous conservons au miroir tournant des vitesses pratiquement acceptables [1], le décalage λ est insignifiant et tout à fait impossible à mesurer.

Pour une distance $D = 30^{cm}$ donnée au recul du miroir fixe μ, ce décalage n'est en effet que de

$$\lambda = \frac{4\pi N d \times 2D}{V} = \frac{4\pi \times 500 \times 50 \times 2 \times 30}{3 \times 10^{10}} = 0^{cm},000\,628,$$

moins de $\frac{7}{1000}$ de millimètre, alors qu'on donne à la distance d du miroir tournant M à la plaque photographique la valeur pratiquement très élevée de 50^{cm}.

On peut, il est vrai, reculer notablement le miroir fixe μ de l'étincelle étudiée, mais on voit encore que, pour atteindre un décalage de 1^{mm}, il faudrait donner à ce recul la valeur énorme de 500^{m}. On se heurte ici à une difficulté identique à celle que présente la mesure expérimentale directe de la vitesse de l'onde électromagnétique. Si l'on détermine en effet cette vitesse U ($\lambda = U\tau$) par la mesure de la période τ et par celle de la longueur d'onde λ, à une période d'oscillation de $\frac{1}{1000000}$ de seconde correspond une longueur d'onde de 300^{m}. On ne dispose pas généralement d'une étendue assez grande pour effectuer la mesure directe de semblables longueurs d'ondes, on se trouve obligé dès lors d'utiliser des ondes plus courtes, partant de périodes moindres; il devient ainsi impossible de les dissocier au miroir tournant sans l'animer de vitesses par trop considérables dans la pratique.

La méthode du miroir tournant semble donc seulement réservée aux oscillations de moyenne fréquence. Et en fait c'est son apparente impuissance à mesurer des durées extrêmement petites qui amena MM. Abraham et Lemoine à imaginer une autre méthode pour l'étude de l'extinction du phénomène de Kerr et pour celle de la polarisation rotatoire magnétique.

Dans ces études comme dans celle des oscillations électriques de haute fréquence, les durées à mesurer sont de l'ordre du cent millionième de seconde.

Est-ce à dire que le miroir tournant soit pratiquement incapable de déceler d'aussi faibles durées?

[1] La vitesse du miroir de Foucault, construit par Froment, atteignait 800 tours à la seconde, la vitesse du miroir que le successeur de Froment, M. Doignon, est parvenu à nous construire ne dépasse pas 500 tours à la seconde.

Le miroir de Foucault faisait 800 tours à la seconde; le rayon réfléchi qui en faisait dès lors 1600 avançait donc de 2″ d'angle en $\frac{1}{1000}$ de millionième de seconde. Comme le miroir n'avait que 14^{mm} de diamètre, il ne pouvait séparer que les 10″. Le $\frac{1}{1000}$ de millionième de seconde se trouve donc au-dessous de ce que l'on pouvait déceler au moyen du miroir tournant de Foucault. MM. Abraham et Lemoine font remarquer qu'on peut, à la vérité, réaliser actuellement de plus grandes vitesses de rotation, tout en employant un miroir de plus grand diamètre. Toutefois, il leur semble impossible d'obtenir par ce moyen une sensibilité 10 fois plus grande qu'avec le miroir de Foucault.

Nous croyons qu'il est possible de reculer de beaucoup la sensibilité de la méthode du miroir tournant et d'arriver à mesurer à son aide le $\frac{1}{1000}$ de millionième de seconde, et cela sans donner au miroir des vitesses pratiquement irréalisables [1]. Il suffit d'accroître la puissance de dissociation du dispositif par l'emploi de plusieurs miroirs tournant synchrones convenablement disposés.

Supposons que le faisceau M*p* rencontre avant de frapper la plaque photographique trois autres miroirs tournants mis en rotation par le même train d'engrenage que le miroir M. Chacun des miroirs M, M_1, M_2, M_3 (*fig.* 3) tournant à 500 tours à la seconde,

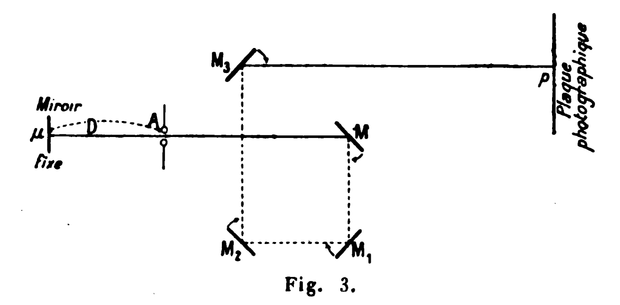


Fig. 3.

le dernier faisceau réfléchi M_3p fera 500×2^4, soit 8000 tours à la seconde. En portant cette valeur de N dans l'expression du décalage λ et en gardant les mêmes valeurs que précédemment pour D et pour *d*, on trouve

$$\lambda = \frac{4\pi N d \times 2D}{V}$$

$$= \frac{4\pi \times 8000 \times 50 \times 2 \times 30}{3.10^{10}} = \frac{32\pi}{10^4} = 0^{cm},01.$$

Le décalage atteint déjà le $\frac{1}{10}$ de millimètre.

Pour une vitesse de rotation des miroirs de 800 tours à la seconde, le décalage atteint près de $\frac{2}{10}$ de millimètre. Il suffirait alors de donner au recul D du miroir fixe μ derrière l'étincelle étudiée A une valeur de 3^m pour que le décalage prenne la valeur de 1^{mm},6.

D'ailleurs Bréguet, au cours d'expériences exécutées de concert avec Foucault (1850), construisit un miroir tournant à 3600 tours par seconde. Sans qu'il y ait lieu de réaliser de semblables vitesses qui, dans la pratique, entraînent de grandes difficultés mécaniques, on peut accroître encore le nombre de miroirs utilisés. Avec 8 miroirs et des vitesses de 500 tours à la seconde, on atteint également un décalage de 0^{cm},16 sans donner au recul du miroir fixe une valeur supérieure à 30^{cm}. Un recul de moins de 1^m donne un décalage qui atteint le demi-centimètre.

Il ne faut pas croire d'ailleurs qu'il soit très difficile de disposer 4 et même 8 miroirs de manière qu'ils se renvoient de l'un à l'autre le faisceau de lumière M*p*. Il suffit de munir chacun des axes de chaque miroir tournant d'une roue dentée identique. Ces roues dentées sont commandées toutes par le même engrenage, de telle sorte que leurs rotations sont rigoureusement synchrones. On fait en sorte d'ailleurs que les longueurs égales MM_1, M_1M_2, M_2M_3 soient aussi réduites que possible, de manière que le jeu inévitable entre deux engrenages qui se commandent ne diminue que d'une très faible fraction la portion du champ d'un miroir reçue par le suivant. Un artifice qui consiste à incliner très légèrement les miroirs M et M_3 sur leurs axes permet de faire tomber sur M le faisceau incident provenant de l'étincelle et de recevoir sur la plaque photographique *p* le faisceau réfléchi en dernier lieu par M_3. Cela sans être gêné par les axes des miroirs. On peut d'ailleurs donner aux miroirs successifs la situation respective représentée dans la figure 3.

Dans le cas où l'on fait effectuer 8 réflexions au faisceau issu de l'étincelle A, on peut n'utiliser que 4 miroirs qu'on construit alors de forme allongée dans le sens de l'axe au lieu de les prendre circulaires. Les mêmes miroirs M, M_1, M_2, M_3 servent aux 5e, 6e, 7e et 8e réflexions. Une légère inclinaison des miroirs sur leurs axes empêche les faisceaux successivement réfléchis d'empiéter les uns sur les autres.

Il est aisé d'ailleurs, tout en profitant de l'avantage qu'offrent les réflexions successives, de réduire au minimum le nombre de miroirs tournants. On peut, en n'utilisant que *deux* miroirs mobiles, faire réfléchir 8 fois et même plus de 8 fois le faisceau à dissocier. Les deux miroirs de forme oblongue sont alors fixés en face l'un de l'autre. Leurs axes portent des pignons dentés identiques. Ces pignons diamétralement opposés par rapport à une roue d'engre-

(1) A. Turpain, *Sur le pouvoir de dissociation du miroir tournant* (*Société des Sciences naturelles de La Rochelle*, 12 octobre 1906).

nage qui les commande en reçoivent un mouvement de rotation parfaitement isochrone. L'influence nuisible du jeu des engrenages est ainsi réduite au minimum et ne s'augmente pas avec le nombre des réflexions. La figure 4 indique schématiquement comment on combine la possibilité des réflexions successives avec le souci d'une construction simple

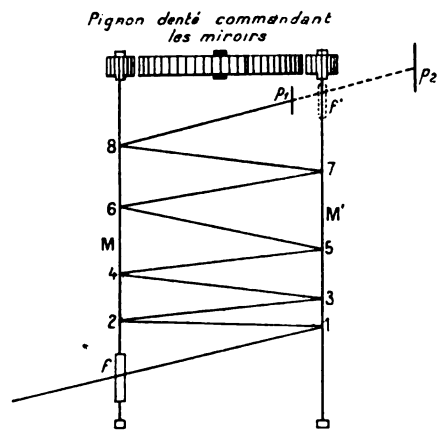


Fig. 4.

et robuste. Le faisceau pénètre par une fenêtre f pratiquée dans l'axe du premier miroir M. On l'incline légèrement de manière à ce que les réflexions successives se produisent. Après la dernière réflexion, il est reçu sur la plaque photographique p qu'on peut disposer soit au milieu du rouage en p_1, soit en dehors du rouage en p_2, ce qui nécessite alors que l'axe du miroir M' porte également une fenêtre f'.

La distance des deux miroirs M et M' peut être réduite à 6^{cm}, ce qui permet de ne pas excéder 50^{cm} pour la longueur du faisceau mobile depuis la première réflexion en 1 jusqu'à la plaque photographique p_1 qui reçoit le faisceau après la huitième réflexion en 8.

Dans la pratique, la difficulté de la méthode réside plutôt dans l'absence de sensibilité des plaques photographiques que dans la réalisation du dispositif de mise en rotation des miroirs.

Toutefois, en sursensibilisant les plaques les plus sensibles qu'on trouve dans le commerce et par un choix rigoureux de ces dernières, on peut reculer assez loin les limites de la méthode.

MM. Lumière ont bien voulu nous réserver quelques-unes des plus sensibles émulsions de leur plaque Σ, ce qui nous a permis de reculer encore la limite de sensibilité de la méthode qui ne paraît avoir d'autre limite que celle imposée par la sensibilité même des émulsions photographiques actuellement connues. C'est sur ce point que portent en ce moment nos efforts. A. Turpain.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 173846, 175032 et 175126, 28 janvier 1906 et 30 janvier 1901. — Aron. BF. 368311, 23 juillet 1906 (compteur à prépayement). — Atkinson. BP. 24729, 1905. — Baumann. USAP. 828371, 27 oct. 1903; BF. 366274, 16 mai 1906 (relais pour compteur d'électricité avec mécanisme indicateur de prix). — Berland. BF. 367948, 10 juillet 1906 (compteur à paiement préalable). — Blathy. BP. 1487, 1906. — Compagnie pour la fabrication des Compteurs et matériel d'Usines à gaz. DRP. 176450, 2 déc. 1905. — Conrad. DRP. 175122 et 175123, 12 nov. 1904 et 28 mai 1905. — Deutsche Russiche Elektricitats Gesellschaft. DRP. 174516, 4 janvier 1906 (compteur astatique); 366826, 29 mai 1906 (compteur moteur). — Ellis et Taylor. BP. 17814, 1905. — Fery et Grassot. BF. 368203, 6 mai 1906. — Field and Ferranti Ltd. BP. 17699 A, 1905. — Hartmann et Braun. DRP. 174248, 30 janvier 1906 (compteur Ferraris). — Hamilton. BF. 367157, 14 juin 1906 (compteur pour courants alternatifs). — Merritt. BP. 21683, 1905 (mécanisme pour mesurer l'électricité). — Tourtel. BF. 365918, 4 mai 1906 (innovations dans les compteurs d'électricité par prépayement). — Vogel. USAP. 825252, 4 août 1905 (inducteur pour watt-heure mètre).

Instruments de mesure divers : Allgemeine Elektritats Gesellschaft. BP. 17434, 1906. — Beck. DRP. 175124, 27 oct. 1905. — Bourgeois. BF. 367982 et 367983, 11 juillet 1906 (perfect. aux instruments de mesures de poche). — Deutsche Telephon Werke. DRP. 175118, 16 déc. 1904 (dispositif pour mettre à l'abri de la poussière les pièces émergeant de la caisse dans les appareils électriques. — Fery. BF. 368819, 11 août 1906 (perfect. aux galvanomètres thermiques). — Garvey (Mac). USAP. 831180, 7 déc. 1904 (fréquencemètre). — Grohman. DRP. 177665, 30 mars 1906 (mesure des courants alternatifs). — Hamilton and Ferranti Ltd. BP. 13696, 1905 (mesure des courants alternatifs). — Hartmann et Braun. DRP. 178859, 26 avril 1906 (instrument de mesure Ferraris). — Heath. USAP. 825211, 13 juillet 1905 (étalon de résistance). — Hering. USAP. 831609, 3 août 1905. — Herman. BP. 17093, 1905. — Kallmann. BP. 22544, 1905. — Mix et Genest. DRP. 175125, 18 nov. 1905 (appareil de contrôle pour piles et vérificateur de conducteurs). — Moy, Bastie et E.-F. Moy Ltd. BP. 9330, 1906 (montage des appareils de mesure). — Northrup. USAP. 834162, 16 juin 1906 (pyromètre à résistance). — Oldenbourg. BF. 366116, 12 mai 1906 (appareil électrocapillaire). — Orling et Corby. BP. 16143, 1905 (enregistreur). — Paulet. BP. 4951 A et 4951 B, 1906. — Piper. BP. 14050, 1905. — Regan. USAP. 828570, 12 janvier 1906 (enregistreur de mouvements à distance). — Reiniger, Gebbert et Schall. DRP. 174949, (mesure des rayons de Rœntgen). — Richard (Jules). DRP. 178860, 26 avril 1906 (galvanomètre). — Robinson. BP. 6180, 1906 (appareil anti-vibrateur). — Rossmann. DRP. 174185, 20 oct. 1903 (enregistreur). — Schallner. USAP. 829174, 31 mars 1904 (étalon de résistance). — Schattner. USAP. 831478, 19 août 1905. — Schultze (Raison sociale C.-A.). BF. 366231, 20 juillet 1906 (méthode pour mesurer les résistances électriques).

BIBLIOGRAPHIE (1).

Répertoire des Industries : Gaz et Électricité, édition 1905-1907, par MAURICE GERMAIN, directeur. 1 vol., $18^{cm} \times 11^{cm}$, 750 pages. Rédaction et administration, 7, rue Geoffroy-Marie. En vente à la librairie Jeanmaire, 32, rue des Bons-Enfants, Paris. Prix, cartonné : 3^{fr}.

En signalant la précédente édition de ce Répertoire nous disions que le plan en avait été modifié et le cadre considérablement augmenté. Dans la nouvelle édition, le plan a été conservé, mais la quantité de matières publiées est encore en augmentation.

La première partie est consacrée à une revue des principaux faits et événements survenus pendant l'année 1905, au point de vue judiciaire, administratif, technique, bibliographique et commercial. La seconde constitue un aide-mémoire pratique. Dans la troisième sont données des listes de sociétés savantes, syndicats, administrateurs et directeurs de sociétés gazières et électriques, ainsi que la liste, par départements, des usines à gaz et stations centrales. La quatrième partie est exclusivement consacrée au gaz, la cinquième exclusivement à l'électricité; cette dernière contient cinq listes : liste alphabétique des compagnies d'électricité ayant leur siège social en France ou y possédant des usines; liste des villes de France, Algérie et Tunisie, possédant une station centrale ou une distribution d'énergie; liste des villes possédant un service de tramways électriques; liste des installateurs électriciens; enfin liste, par spécialités, des principaux fournisseurs de l'industrie électrique.

Manuel pratique du monteur électricien, par J. LAFFARGUE, ingénieur électricien, etc. 1 vol. cartonné, format $18^{cm} \times 13^{cm}$, 1012 pages, 69 figures. Bernard Tignol, éditeur, 53bis, quai des Grands-Augustins.

C'est toujours avec plaisir que nous enregistrons l'apparition d'une nouvelle édition de ce Manuel, et cela pour deux raisons : d'abord parce que c'est pour nous une garantie que ceux qui s'initient par sa lecture aux détails de l'électricité pratique ne recevront que des idées saines, sans mélange de ces hérésies que l'on rencontre trop souvent dans les Ouvrages de vulgarisation technique; ensuite parce qu'il est certain que le nombre des personnes qui s'occupent d'électricité, et par conséquent du développement de l'industrie électrique, croît en raison inverse du délai qui s'écoule entre deux éditions successives.

En quoi cette édition, la neuvième, diffère-t-elle de la précédente, mise en vente il y a un an à peine? L'auteur a omis de nous le dire dans sa Préface, laissant sans doute à notre perspicacité le soin d'en faire la découverte. Nous avouons n'avoir fait aucune recherche dans ce sens dans la crainte d'être obligé de lire les 1012 pages de l'une et l'autre édition, ce dont nous n'avions pas le temps malgré l'intérêt de la lecture. Mais nous sommes persuadé que, de même que les précédentes éditions, celle-ci a été mise au courant des derniers progrès accomplis dans le domaine de l'électricité : le soin et la conscience qu'apporte l'auteur à tous ses travaux en sont de sûrs garants.

J. B.

L'électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier, par E. ROSENBERG, traduit de l'allemand par A. MAUDUIT. 1 vol., format $20^{cm} \times 15^{cm}$, x-490 pages, 302 figures. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : broché, $8^{fr},50$; cartonné, 10^{fr}.

Encore un Ouvrage destiné à la vulgarisation de la technique électrique dont les succès nous sont agréables, car, sans compter la valeur de l'auteur lui-même, la compétence du traducteur est une garantie suffisante pour être assuré qu'il n'introduira pas d'idées fausses dans l'esprit de ses lecteurs. Nous sommes donc heureux d'annoncer la mise en vente de sa seconde édition, depuis quelques mois déjà et deux ans à peine après l'apparition de la première, à propos de laquelle nous avons dit dans ces colonnes le bien que nous pensions de cet Ouvrage.

J. B.

Dictionnaire des termes techniques employés dans les Sciences et dans l'Industrie, par HENRY DE GRAFFIGNY, avec préface de MAX DE NANSOUTY. 1 vol. format $19^{cm} \times 15^{cm}$, 840 pages. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix, broché : $12^{fr},50$; cartonné 14^{fr}.

Il arrive bien souvent de trouver dans les Ouvrages et journaux techniques des termes dont on ne connaît pas la signification exacte; un dictionnaire — de dimensions assez modestes pour n'être pas encombrant sur un bureau — permettant d'obtenir rapidement cette signification serait donc un auxiliaire utile. Le dictionnaire que vient de publier M. de Graffigny a été conçu dans cette intention. Il renferme 25000 mots et pour chaque mot sont données toutes ses significations, lesquelles sont parfois nombreuses ; il est donc très complet. Il ne contient aucune figure, mais on ne saurait lui en faire un reproche : s'il est des plus utiles que tout mot désignant un outil ou une machine soit accompagné d'une figure, cette addition entraînerait nécessairement un inconvénient : augmentation du format et du prix.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société Havraise d'Énergie électrique. — Le rapport présenté par le Conseil d'administration, à l'Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1906, donne les détails suivants sur l'exerciee 1905 :

TERRAINS.

Votre Conseil d'administration, soucieux de rendre possibles toutes les améliorations à apporter au matériel d'exploitation, a voulu se ménager les moyens devant lui faciliter l'extension de l'usine.

A cet effet, il a acquis au cours de l'exercice 1905, de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, un terrain d'une superficie de 1921$^{m^2}$ situé à l'angle de la rue Nillus et du quai Colbert.

Il a en outre obtenu de la ville du Havre le déplacement éventuel de la rue Nillus, dont la superficie est de 1 100$^{m^2}$ environ.

Nous possédons actuellement :

	3213^m,50	de terrain occupé par l'usine et ses dépendances.
et	1921^m	acquis de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest,
au total	5134^m,50	

qui figurent à l'actif pour une somme de 452725^{fr},83.

USINE.

Chaudières. — Nous avons installé en 1905 une nouvelle chaudière de 160$^{m^2}$ de surface de chauffe, munie d'un surchauffeur, ce qui porte à 19 le nombre de nos chaudières, dont 6 avec surchauffeur, représentant ensemble une surface de chauffe totale de 3040$^{m^2}$.

Moteurs. — Comme l'année dernière, nous possédons 11 moteurs à vapeur, représentant une puissance maxima totale de 7700 chevaux environ. La nouvelle machine de 1500 à 1800 chevaux que nous avons installée en 1904 n'a pu fonctionner, l'année dernière, dans les conditions d'économie sur lesquelles nous comptions, par suite de modifications que les constructeurs ont dû lui faire subir et de transformations dans la tuyauterie de vapeur surchauffée. Nous comptons qu'après ces diverses modifications nous obtiendrons les résultats attendus.

Dynamos. — Nous possédons 13 dynamos, savoir :

7 alternateurs d'une puissance totale de.. (2 de ces alternateurs sont actionnés par des moteurs à courant continu).	2170 kilowatts
6 génératrices à courant continu, d'une puissance totale de........................	2950 —
Total	5120 kilowatts

non compris les moteurs des deux groupes transformateurs qui forment un total d'environ 800 kilowatts.

Pont roulant. — Le pont roulant que nous avons installé en 1904 nous est d'une grande utilité; il fonctionne à notre entière satisfaction.

Tableaux. — Les tableaux de distribution n'ont eu à subir aucune modification durant le cours de l'année 1905.

CANALISATIONS.

	m
Canalisation lumière..............................	71650
Canalisation force motrice (non compris la canalisation de la Compagnie Générale Française des Tramways)..	11366
Total........................	83016
contre.. au 31 décembre 1904, ce qui donne une augmentation	79399
globale de..	3617

Nous avons fait dans le courant de l'année 1905, sur certaines parties de la canalisation, des travaux d'amélioration, de réfection et de transformation assez importants, dont nous vous donnons ci-dessous quelques détails.

Réfection du circuit n° 3. — Etant donnée l'importance du circuit n° 3 qui dessert le centre de la ville où nous avons une clientèle nombreuse et très commerçante, nous n'avons pas hésité à remplacer l'ancien câble par un câble armé de même section, dont l'emploi sur d'autres points du réseau donne des résultats bien préférables au point de vue de l'isolement.

Nous avons effectué ce travail en 1905 sur une longueur de 1400^m environ; le complément sera exécuté en 1906.

Ecluse de la Citadelle. — L'installation des câbles électriques qui traversent l'écluse de la Citadelle pour la fourniture de la lumière et de la force motrice, faite primitivement, laissait beaucoup à désirer. Ces câbles, insuffisamment assujettis, étaient fréquemment soulevés par les tempêtes et les bateaux à leur passage; ils se trouvaient, de ce fait, souvent détériorés, et leur réparation devenait onéreuse. Afin d'éviter le retour de semblables accidents et de mettre les câbles à l'abri de toute atteinte, nous avons pratiqué des rainures sur le seuil même de l'écluse de la Citadelle où les câbles se trouvent maintenant logés.

Transformation de canalisation. — L'administration des Ponts et Chaussées ayant été obligée d'exécuter des travaux importants sur le quai de New-York, qui ont eu pour résultat de diminuer notablement la largeur du quai dans sa partie la plus encombrée, nous a demandé d'enlever, sur une longueur de 225^m environ, la canalisation aérienne établie pour servir au transport de la force motrice nécessaire aux travaux du port.

L'autorisation qui nous avait été accordée par les Ponts et Chaussées étant précaire et révocable, nous avons dû enlever les câbles aériens et faire une canalisation souterraine sur la même longueur.

Bien que les divers travaux rappelés ci-dessus constituent une amélioration de la canalisation, nous avons entièrement soldé les dépenses y afférentes, qui s'élevaient à 26446^{fr},65, par le compte d'exploitation.

Transformateurs. — Nous avons actuellement 88 postes de transformateurs établis sur ou sous la voie publique, non compris les postes installés chez les particuliers, que nous continuons à grouper de façon à en diminuer le nombre et à améliorer ainsi le rendement.



EXPLOITATION.

Recettes. — En 1905, les recettes de toute nature ont été de .... fr 1 605 107,67
En 1904, elles s'étaient élevées à 1 481 996,83

soit, en faveur de l'exercice 1905, une augmentation de 123 110,84

En 1904, l'augmentation sur l'exercice précédent n'avait été que de 30 007,28

Dépenses. — Les frais d'administration et d'exploitation, en 1905, ont été de 789 384,82
En 1904, ils s'étaient élevés à 679 417,84

Soit une augmentation de 109 966,98
pour une augmentation de recettes de 123 110,84

Produit net. — Le produit net d'exploitation s'est élevé, en 1905, à 815 722,85

Nous croyons intéressant de vous donner ci-dessous le Tableau faisant ressortir la progression constante des recettes depuis l'origine de la Société jusqu'en 1905 :

	fr		fr
1890	75 932,50	1898	918 183,97
1891	168 206,45	1899	1 035 932,99
1892	267 803,85	1900	1 174 577,78
1893	341 826,71	1901	1 374 908,49
1894	499 638,33	1902	1 430 515,81
1895	659 532,44	1903	1 451 989,55
1896	741 380,76	1904	1 481 996,83
1897	820 736,98	1905	1 605 107,67

Eclairage public. — Comme les années précédentes, cet éclairage se compose de 80 lampes à arc et 14 lampes à incandescence de 32 bougies.

Nombre d'abonnés. — Au 31 décembre 1905, le nombre de nos abonnés était, pour la lumière et la force motrice, de 2673
au lieu de 2541
en 1904.
Soit une augmentation de 132
abonnés en 1905. En 1904, cette augmentation avait été de 107 abonnés sur l'année précédente.

Eclairage des particuliers. — Le nombre des lampes reliées, pendant l'année 1905, a été de :
3186 lampes à incandescence de diverses intensités et
28 lampes à arc, le tout équivalant à environ 4142 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1905, le nombre total des lampes reliées équivalait à environ 92 070
lampes de 10 bougies, au lieu de 87 928
au 31 décembre 1904,
ce qui représente, pour 1905, l'augmentation ci-dessus, de 4 142

Le nombre moyen de lampes par 100$^{m^2}$ de canalisation pour la lumière est actuellement de 128 lampes de 10 bougies, chiffre égal à celui de l'année dernière.

Force motrice. — La vente du courant pour la force motrice a été encore en augmentation sur l'année précédente.

OBLIGATIONS.

Nous avons émis, dans le premier semestre de 1905, les 988 obligations formant le solde des 2000 dont la création avait été autorisée par l'Assemblée générale ordinaire du 12 avril 1904.

Nous vous rappelons, à cet effet, que l'Assemblée générale du 11 avril 1905 a autorisé votre Conseil à créer 2000 obligations nouvelles, du même type que les 10000 déjà existantes. Votre Conseil d'administration n'a pas eu, jusqu'à ce jour, à recourir à l'émission d'aucune de ces dernières obligations.

BILAN.

Actif. — Les augmentations qui ont eu lieu en 1905 sont les suivantes :

		fr
Terrains. — Montant de l'achat fait à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, comprenant les frais d'acte		166 438,10
Constructions	3 786,91	
Dynamos	458,20	
Machines	2 576,85	
Chaudières	31 212,85	
Tuyauterie	2 483,45	
Matériel courant et outillage	12 838 »	
		53 356,20
Canalisations		54 677,30
Branchements		17 252,60
Transformateurs		8 320,35
Compteurs		6 712,70
Total		306 757,31

AMORTISSEMENTS.

Les amortissements effectués en 1905 se sont montés à 186 603^{fr},30 dont voici le détail :

Installations de particuliers	1 430,95	
Primes de remboursement sur obligations anciennes	30 000 »	
Primes de remboursement sur obligations nouvelles	2 538,30	
Canalisations des travaux du port	25 000 »	
		58 969,25
Attributions du fonds d'amortissement		127 634,05
Total		186 603,30

Ces amortissements ont eu, au passif, la contre-partie suivante :

Amortissement d'actions	50 000 »	
Amortissement d'obligations	36 000 »	
		86 000 »
Prélèvement sur les bénéfices		100 603,30
Total		186 603,30

PROFITS ET PERTES.

Les recettes de toute nature se sont élevées à	1 605 107,67
Les frais d'administration et d'exploitation ont été de	789 384,82
Produits nets	815 722,85
De cette somme, il faut déduire les charges des obligations	154 608 »
Bénéfices nets	661 114,85
Sur ces bénéfices nets, nous avons prélevé, pour être attribuée au fonds d'amortissement constitué en 1904, une somme de	100 603,30
Reste une somme disponible de	560 511,55
Sur laquelle il y a lieu de prélever, conformément à l'article 36 des statuts, pour amortissement de 200 actions de 250^{fr}	50 000 »
Reste	510 511,55
dont 5 pour 100 à la réserve légale	25 525,55
Reste à répartir	484 986 »



Nous vous proposons, Messieurs, la répartition de cette somme comme suit :

Intérêts de 4 pour 100 aux 18000 actions de capital	180000 »	
Dividende de 10fr à 20000 actions (capital et jouissance)	200000 »	
10 pour 100 au Conseil d'administration sur 222222,20	22222,20	
Part bénéficiaire de l'Ingénieur-Directeur	4125 »	
		406347,20
Reste un solde créditeur de		78638,80
qui, ajouté au reliquat de l'exercice 1904, se montant à		198492,54
donne un total de		277131,34

que nous vous proposons de reporter à l'exercice 1906.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1905.

Actif.

Caisse et Banques		470304,38	
Quittances à recouvrer		260476,22	
			730780,60
Terrains			452725,83
Concession : Usine, Bâtiment, Matériel et Divers, Transformateurs, Branchements			5733020,26
Canalisations		1615248,80	
A déduire amortissements 1905		25000 »	
			1590248,80
Compteurs			212706,80
Installations de particuliers		1431,95	
A déduire amortissements 1905		1430,95	
			1 »
Marchandises en magasin			95130,65
Débiteurs divers			47251,52
Primes de remboursement d'obligations anciennes	190000 »		
A déduire amortissements 1905	30000 »		
		160000 »	
Primes de remboursement d'obligations nouvelles	209293,05		
A déduire amortissements 1905	2538,30		
		206754,75	
			366454,75
Installation éclairage public			1 »
Frais de constitution			1 »
Total			9228622,21

Nota. — Le total des amortissements effectués au 31 décembre 1905 s'élève à 1500521fr,41

Passif.

Capital actions		5000000 »	
A déduire : 2000 actions amorties		400000 »	
			4500000 »
Capital obligations : 9764 obligations à 300fr.			2929200 »
Obligations à rembourser (tirage 1905)		36000 »	
Coupons 2e semestre 1905 sur obligations		59304 »	
Titres amortis à rembourser et coupons échus à payer (anciens)		6789,10	
Créditeurs divers		338257,01	
			440350,11
Réserve légale	172433,96		
Réserve spéciale	150000 »		
Fonds d'amortissement	277634,05		
		600068,01	
Profits et pertes 1904 (reliquat)	198492,54		
Profits et pertes 1905 (solde créditeur)	560511,55		
		759004,09	
			1359072,10
Total			9228622,21

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Pertes.

Charge des obligations	154608 »
Amortissement et dépréciation du matériel	100603,30
Bénéfice net	500511,35
Total	815722,85

Profits.

Fourniture d'électricité : éclairage, force motrice et recettes accessoires	1605107,67	
A déduire :		
Frais d'administration et d'exploitation	789384,82	
Produit net d'exploitation	815722,85	
Total		815722,85

INFORMATIONS DIVERSES.

Traction. — LIGNE BALTIMORE-WASHINGTON A COURANT MONOPHASÉ. — Une nouvelle ligne de chemin de fer de 95km de long, reliant Baltimore à Washington, avec un embranchement d'Odenton à Annapolis, qui appartient à une Société privée et qui a été mis en construction il y a trois ans, va être équipée pour la traction par courant monophasé, capté à 6600 volts sur les voitures. Dans la ville de Washington le trôlet prendra du courant continu à 600 volts.

PROTECTEURS EN FIBRE POUR TROISIÈME RAIL. — On emploie depuis quelque temps sur les Métropolitains aérien et souterrain de New-York des protecteurs en fibre durcie au lieu de bois placés sur les côtés et au-dessus du rail conducteur. La fibre, qui est isolante et non hygrométrique, permet, grâce à son élasticité, de suivre mieux la forme du rail; elle est tout à fait appropriée dans le cas de contact par la partie inférieure du rail, car le protecteur peut alors tenir sur le rail sans aucune attache.

Tome VI. **N° 72. — 30 décembre 1906.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

PILES.

La pile Decker, par Francis B. CROCKER. (Communication présentée à l'American Electrochemical Society, le 8 octobre 1906. D'après *Electrical World*, t. XLVIII, 14 octobre 1906, p. 724-727.) — La pile électrique n'a accompli que de faibles progrès depuis un demi-siècle. Aujourd'hui, comme en 1850, ses principaux défauts sont les suivants : 1° résistance intérieure élevée, limitant la puissance et le rendement; 2° manque de solidité et mauvais assemblage de ses diverses parties; 3° non protection des connexions électriques contre la corrosion et les chocs; 4° incommodité de la vidange et du remplissage d'une batterie; 5° prix élevé des produits et de la main-d'œuvre nécessaires à la recharge. Or, l'auteur a dernièrement mis à l'épreuve une pile primaire pour laquelle les quatre premiers défauts mentionnés sont pratiquement supprimés, tandis qu'il y a lieu de s'attendre à ce que le cinquième soit fort atténué.

Cette pile a été construite par M. F.-A. Decker, de Philadelphie. Elle est du type à deux liquides et comprend une lame de zinc plongeant dans l'acide sulfurique étendu et une lame de graphite baignant dans une solution de bichromate de sodium et d'acide sulfurique. Il n'y a donc rien de nouveau quant à l'action chimique; l'originalité du nouvel élément se trouve dans la construction et l'assemblage des pièces. Les dimensions et le nombre des électrodes employées dans chaque élément varient selon l'intensité exigée; mais, en général, il y a deux ou trois lames de zinc, larges de 14^{cm} sur 24^{cm} de hauteur environ et pesant chacune environ 450^{g}. Chaque lame de zinc et son bain d'acide étendu sont contenus dans un vase poreux plat, à parois minces, mais pourvues de nervures intérieures qui les rendent très solides. Les parois très minces et parfaitement planes de ces vases poreux, permettant aux lames de zinc et de graphite d'être placées très près l'une de l'autre, réduisent au minimum la résistance intérieure de l'élément. Cette résistance n'est que de 0,013 ohm pour un élément comprenant deux lames de zinc et trois de graphite, y compris la résistance des électrodes et des connexions. On voit sur la figure 1 deux de ces vases poreux en PP; un autre est représenté coupé dans le sens vertical en P_2.

Les électrodes positives sont des lames de graphite GG rainurées pour offrir une grande surface à l'action du dépolarisant, munies de bords renforcés et de nervures diagonales. Ces lames de graphite, le liquide dépolarisant et les vases poreux sont placés dans des vases rectangulaires en caoutchouc durci, divisés en quatre compartiments contenant chacun deux vases poreux et trois lames de graphite. Le fond de chaque compartiment est traversé par deux petits conduits qu'on relie par des joints vulcanisés à de petits orifices percés dans le fond de chacun des vases

poreux. Les conduits de chaque compartiment sont branchés sur un conduit principal qui s'étend tout le long du vase extérieur. D'autres conduits semblables sont destinés au liquide dépolarisant. On n'a pas à craindre que des courants locaux s'établissent entre les divers éléments par l'intermédiaire des liquides contenus dans ces conduits, car on a soin de donner une grande longueur et une faible section aux conduits dérivés, qui s'étendent sur le fond du vase extérieur au lieu de le traverser directement. Tous ces conduits et leurs joints sont assemblés par vulcanisation, ainsi que les quatre compartiments formant un vase, de sorte que le tout forme une masse solide, sans aucune pièce détachée. Les lames de graphite et de zinc, ainsi que leurs connexions, sont aussi solidement maintenues.

L'action corrosive des liquides sur les bornes de prise de courant a toujours été une grande cause d'ennuis dans les piles. Dans la pile Decker, la borne de chaque lame de graphite est formée par une vis de bronze qui s'enfonce de plusieurs centimètres dans le bord extérieur renforcé de celle-ci. On voit une de ces vis en S (*fig.* 1). La borne du zinc est constituée par une longue

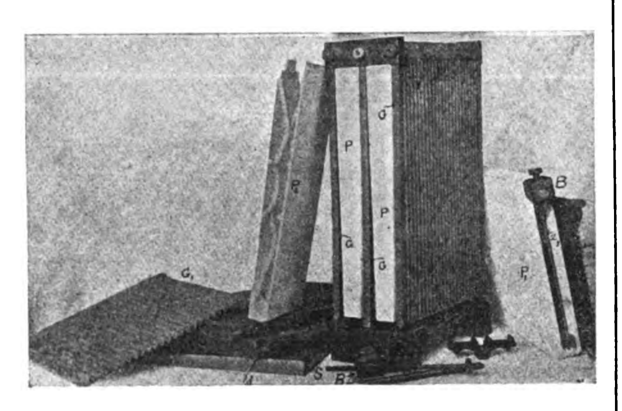


Fig. 1.

cheville de zinc enfoncée dans un petit bloc cubique de même métal, qu'on voit en B et B_1. L'action voltaïque ne peut donc s'exercer, la borne étant du même métal que l'électrode. Toutes les autres connexions sont *en dehors* du récipient extérieur.

Les deux conduits dont on a parlé servent à remplir et à vider la batterie; on les relie à des réservoirs par des tuyaux de caoutchouc ou de plomb. L'écoulement des liquides peut être produit par une pompe, un siphon, ou l'élévation et l'abaissement du réservoir.

Résultats. — Les résultats qu'indique l'auteur sont ceux de ses propres essais. Il a déchargé un élément du modèle qu'on vient de décrire, ayant deux lames de zinc et trois de graphite, au régime de 24 ampères pendant 5 heures 15 minutes. Pendant cette décharge, la tension aux bornes est tombée de 1,9 à 1,3 volts. L'élément a donc fourni 126 ampères-heures au voltage moyen de 1,73, soit 218 watts-heures. Ayant alors agité les liquides de l'élément par quelques secousses, on a pu lui faire fournir 24 ampères pendant 53 minutes de plus. C'est dans ces conditions d'agitation que se trouverait l'élément si on l'employait pour la traction électrique ou l'éclairage des trains. Le débit total a été ainsi de 147 ampères-heures au voltage moyen de 1,684, soit 247,55 watts-heures. Le poids de l'élément complet, connexions comprises, était de $7^{kg},65$; l'énergie fournie a donc été 32,4 watts-heures par kilogramme de poids total, ce qui est à peu près le double de ce qu'on obtient avec les accumulateurs actuels. Un deuxième avantage est la facilité de la recharge; il ne faut que quelques minutes pour renouveler les liquides. Les lames de zinc sont assez épaisses pour épuiser au moins trois charges de liquide. Un troisième avantage est celui de pouvoir pousser la décharge aussi loin qu'on veut. Enfin il n'est pas nécessaire de recharger immédiatement après la décharge, comme l'exigent les accumulateurs.

La principale et peut-être la seule infériorité de la pile Decker par rapport aux accumulateurs, c'est le prix élevé de sa recharge.

Prix de revient de l'énergie fournie. — Pour obtenir un cheval-heure avec la pile Decker, il faut dépenser $1^{fr},75$ pour le zinc, l'acide sulfurique et le bichromate de sodium. Quant au prix d'achat de la batterie, il n'est pas élevé; sa dépréciation est très faible. On pourrait réduire de beaucoup le prix des produits nécessaires à la recharge en les régénérant : les liquides provenant de la pile déchargée seraient traités dans des bacs à électrolyse, de façon à extraire le zinc et à réoxyder la solution de chrome. On ne perdrait ainsi que très peu de matière, et le prix de revient du cheval-heure ne serait que le prix de la régénération des produits. De cette façon, la recharge de la pile Decker ne serait pas plus coûteuse que celle de l'accumulateur.

Applications. — Pour les automobiles et les bateaux électriques, la pile Decker aurait une supériorité marquée sur l'accumulateur par sa légèreté et son endurance. Le prix plus élevé de sa recharge aurait peu d'importance vis-à-vis des autres frais qu'exige l'entretien d'une automobile, soit électrique, soit à pétrole, comme par exemple l'usure des pneumatiques. En outre, la dépréciation d'une batterie Decker est beaucoup moins rapide que celle d'une batterie d'accumulateurs.

La pile Decker paraît particulièrement bien appropriée à l'éclairage des trains; elle y supprimerait le générateur mécanique d'électricité et les complications qu'il entraîne.

La pile Lalande est jusqu'ici le seul élément primaire pouvant fournir un courant et une puissance notables. Un élément Lalande, ayant à peu près la même capacité en watts-heures que l'élément Decker décrit plus haut, pèse $11^{kg},3$ au lieu de $7^{kg},7$. De plus, le régime de décharge en watts, auquel on peut le soumettre, est tout au plus le huitième de celui que peut fournir l'élément Decker. La tension aux bornes de la pile Lalande, lorsqu'elle débite un courant de 10 ou 12 ampères, baisse d'ailleurs à 0,3 ou 0,4 volt, tandis que la tension de la pile Decker se maintient à 1,8 volt en moyenne pour un courant de 24 ampères. Le prix de revient de l'énergie, sans régénération des produits, est de $26^{fr},50$ par cheval-heure pour la pile Lalande,

tandis qu'on a vu qu'il n'est que de 1fr,75 pour la pile Decker.

L'auteur conclut que la pile Decker constitue un remarquable progrès. P. L.

Pile au chlore liquéfié. E. BUHOT (Brevet français 354551 du 23 mai 1905). — La figure 1 représente une coupe longitudinale d'ensemble de la pile. L'appareil se compose de deux récipients dont l'un *a* renferme le chlore liquéfié. L'autre récipient *b* renferme les électrodes et l'électrolyte. Un raccord *c* muni d'un robinet *d* relie ces deux récipients. Deux tourillons *e*, *e'* disposés dans des paliers permettent d'imprimer à l'ensemble un mouvement de rotation à l'aide de la poulie *f*.

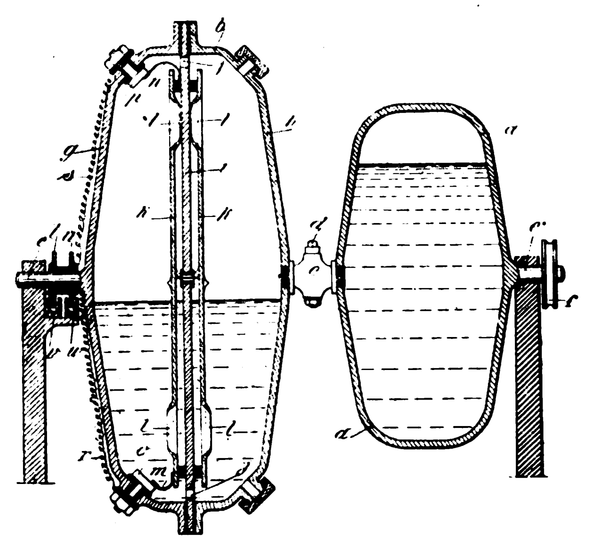


Fig. 1.

Le récipient *b* est formé de deux calottes *g*, *h* entre lesquelles est serrée la cathode *i* en fer du commerce ou en zinc qui divise *b* en deux compartiments communiquant par les ouvertures *j*. Les anodes en argent platiné ou en charbon sont disposées en *k* de part et d'autre de la cathode *i* et sont reliées électriquement. Dans les disques *k* sont ménagées des fentes *l* dont les bords sont légèrement repoussés en sens contraire de façon à former des aubes facilitant le renouvellement du liquide entre les électrodes.

Les électrodes sont reliées par les conducteurs *m* et *n* aux deux bornes *o* et *p* isolées de la masse du récipient *b*. Ces bornes sont elles-mêmes reliées par les conducteurs extérieurs *r* et *s* aux plateaux circulaires *t*, *u* calés sur le tourillon *e* et isolés de celui-ci. Chacun de ces plateaux plonge dans un auget *vv* à mercure qui forme la prise de courant.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : *a* étant rempli de chlore liquide et *b* étant rempli à moitié d'eau acidulée chlorhydrique à 10 pour 100, on ouvre légèrement le robinet *d* et l'on fait tourner l'appareil. La cathode s'attaque à l'état de chlorure pendant que le chlore qui forme dépolarisant passe à l'état d'acide chlorhydrique. La rotation rend la dépolarisation parfaite. Le réglage de l'intensité du courant peut se faire en variant la vitesse de rotation ou en agissant sur le robinet *d*.

Pile à renversement. E. BUHOT (Brevet français 363787 du 2 mars 1906). — Il s'agit ici d'une pile hermétique à chlore liquéfié destinée principalement à être employée avec les lampes de poche ou pour d'autres petites applications. La figure 2 montre une coupe longitudinale de la pile au repos et la figure 3, une coupe analogue de la pile renversée en activité.

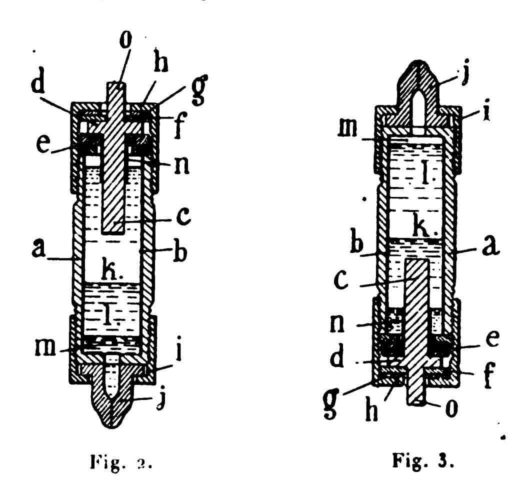


Fig. 2. Fig. 3.

Le récipient métallique *a* est doublé intérieurement d'un cylindre *b* en matière inattaquable (argent, plomb platiné, charbon) formant l'électrode positive. L'électrode négative *c*, en zinc par exemple, porte une saillie circulaire *d* servant à la fermeture de la pile par l'intermédiaire d'une rondelle interne *e* isolante et d'une autre rondelle isolante *f* placée extérieurement et sur laquelle est appliquée une rondelle de cuivre *g* qui facilite le glissement de la garniture de serrage *h*. A la partie inférieure de la pile est une seconde garniture *i* fermant cette extrémité par l'intermédiaire d'un raccord *j* en plomb. C'est par ce raccord que l'on introduit la quantité de liquide nécessaire, après quoi on l'écrase et on le soude de façon qu'aucune fuite ne soit possible.

Comme liquide, on introduit d'abord du pétrole *k* ou un liquide inerte plus léger que l'électrolyte. Vient ensuite l'électrolyte *l* constitué par une solution de chlorure de zinc à 2 ou 3 pour 100 et, finalement, le chlore liquéfié *m* servant de dépolarisant.

Dans la position de repos (*fig.* 2), le chlore liquide remplit la partie inférieure, l'électrolyte est au-dessus et ne touche pas la lame de zinc qui se trouve en contact avec le pétrole. La partie du zinc qui émerge est soustraite à l'action du gaz par l'enduit inattaquable *n*.

Dans la position d'activité (*fig.* 3), la pile étant renversée, le zinc est baigné en partie par l'électrolyte et la pile fonctionne. On recueille le courant entre la masse qui forme pôle positif et le zinc (pôle négatif), dont la partie saillante apparaît en *o*.

Pile à circulation de chlore gazeux. E. Buhot (Brevet français 363788 du 2 mars 1906). — Cette pile utilise comme dépolarisant le chlore et comme électrode négative de vieux métaux (tuyaux, rails, zingages, etc.). Elle est destinée aux applications à poste fixe. La figure 4 représente une vue partielle, en perspective, de la pile montée et la figure 5, un plan schématique d'une installation analogue double.

Un bac en maçonnerie *a*, bitumé intérieurement, est divisé en compartiments par des cloisons *b*. Les électrodes positives sont constituées par des rondins de charbon *c* et les négatives par des rails *d* maintenus par des poteaux isolants *e* en bois par exemple.

Il y a par élément une électrode négative et deux électrodes positives.

Des tringles métalliques *f*, *f'* convenablement recourbées relient en tension les différents éléments. Le chlore gazeux, provenant d'un tube à chlore liquéfié par exemple, arrive à la canalisation par une conduite *g*, puis est amené par des tubes *h* et des branchements *i*

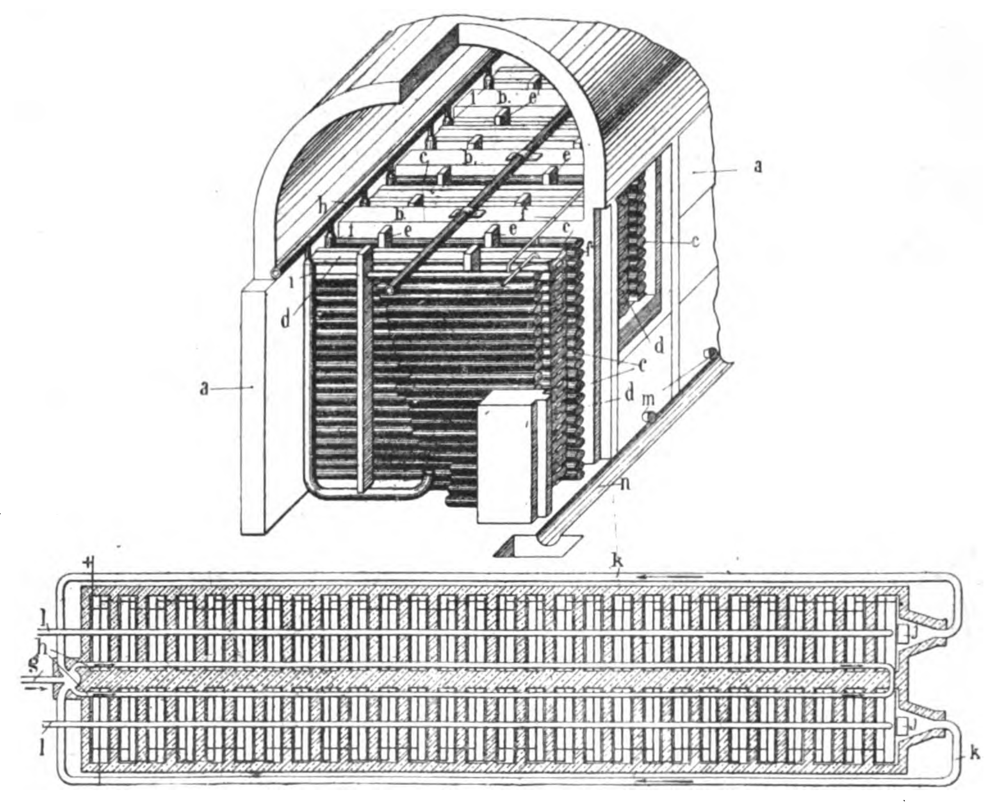


Fig. 4 et 5.

à la partie inférieure des éléments. Le chlore en excès qui se dégage est aspiré par des ventilateurs *j* et refoulé dans des tubes *k* qui le ramènent à l'origine de la canalisation. Les conduites *l* sont destinées à amener l'eau nécessaire aux éléments. Chaque élément possède un orifice de vidange *m* permettant l'écoulement des liquides épuisés dans un caniveau *n*. L'espace compris entre les électrodes est rempli de sable humide et imprégné de la solution conductrice.

Pile au chlore liquéfié. E. Buhot (1re addition, du 2 mars 1906, au brevet français 354551 du 23 mai 1905). — La figure 6 représente une coupe longitudinale de cette pile. Le récipient *a* qui contient le chlore liquéfié communique par le raccord *b* à robinet avec la pile proprement dite constituée par un long tube *c* en acier fermé à ses extrémités par les calottes *d*, *d'*. Les tourillons *e*, *e'* et la poulie *f* permettent la rotation de l'ensemble. Le tube d'acier contient un second tube *g* isolant, en verre par exemple, fermé par deux bouchons *h*, *h'*, dont l'un *h* est percé d'orifices *i* permettant au chlore gazeux de pénétrer à l'intérieur du tube. La fermeture hermétique de *g* est assurée par la tige métallique *j* et des écrous serrant les bouchons *h*, *h'* sur les garnitures élastiques *k*, *k'*. Cette tige *j* porte les disques *l* en métal inattaquable ou en charbon qui constituent l'électrode positive.

L'électrode négative est constituée par des segments *m* en zinc ou en fer réunis par la tige *n* de même métal et dont une extrémité *o* recourbée en crochet repose sur une poulie *p* en porcelaine portée par la tige *j*. L'autre extrémité *q* de cette tige *n* est recourbée dans un plan diamétral, s'appuie sur une cuvette *r* en porcelaine et plonge dans le mercure *s* qui y est contenu. Cette cu-

vette *r* est fixée sur le bouchon *h'* qui porte également un petit disque métallique *t* toujours en contact avec le mercure *s* et fixé à une tige filetée *u* qui constitue la borne négative. La borne positive est formée par la vis *v* qui relie *h'* et *j* et qui porte l'écrou *w*. Les fils *x*, *x* relient ces bornes à la prise de courant rotative.

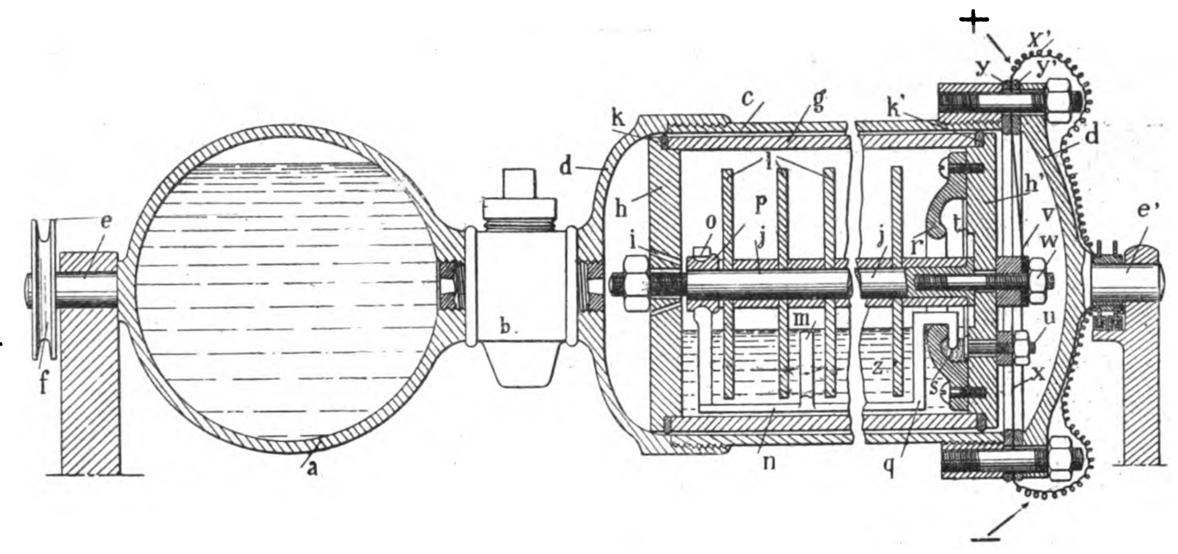


Fig. 6.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : lorsque après avoir ouvert le robinet *b* on fait tourner l'ensemble, l'électrolyte *z* (solution de chlorure de zinc) reste toujours dans la partie inférieure ainsi que l'électrode négative *mn* dont les crochets *o*, *q* glissent sur la poulie *p* et la cuvette *r*. Seule l'électrode positive *jl* traverse le milieu gazeux pendant la rotation, ce qui assure sa dépolarisation continue. En même temps, cette électrode concourt au brassage de l'électrolyte.

Pile voltaïque à liquide immobilisé. E. Bulot et J. Régnier (Brevet français 363135 du 10 février 1906). — Cette pile, représentée en figure 7, comprend une boîte *a* en celluloïd dont le fond est évidé au milieu.

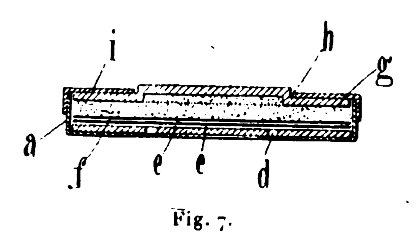


Fig. 7.

Sur le fond de cette boîte, on dispose une rondelle en zinc qui forme la cathode et est perforée de trous *d* dans la partie évidée de la boîte. Sur le zinc, on dispose des rondelles de papier buvard *ee* ou de matière absorbante sur lesquelles est déposée une certaine quantité d'un mélange en poudre de bisulfate de mercure et de peroxyde de plomb *f* qui constituent le sel excitateur et le dépolarisant. Enfin, on place au-dessus de ces matières l'anode *g* formée par une rondelle à renflement en cuivre, charbon ou platine. Cette rondelle s'encastre dans l'évidement circulaire *h* d'une seconde enveloppe *i* en celluloïd qui forme le couvercle de la boîte *a*.

Il suffit de plonger la pile hermétique ainsi constituée pendant quelques instants dans l'eau pour la rendre apte à fonctionner. Pour conserver la pile indéfiniment avant de l'utiliser, il faut la placer dans un endroit sec. En superposant plusieurs éléments, on constitue des batteries qui peuvent être avantageusement employées pour les usages médicaux.

BREVETS RÉCENTS.

Régulation, collecteurs, porte-balais, etc. : Felten et Guilleaume. DRP. 178461, 28 octobre 1902 (système compensateur pour machines asynchrones); BF. 368986, 17 août 1906 (dispositif d'auto-régulation pour machines électriques). — Geisenhoner. USAP. 827360, 10 fév. 1905 (collecteurs). — Gesellschaft für Elektrische Industrie. DRP. 178451, 8 fév. 1906 (prise de courant pour dynamo). — Henrion. BF. 368889, 16 août 1906 (perfectionnements apportés aux porte-balais). — Hoppelt. BP. 10457, 1906 (fabrication de bobines électriques.) — Latour. DRP. 178470, 26 juin 1904 (dispositif contre la production d'étincelles dans les alternateurs à enroulement en tambour multipolaire, à un ou deux collecteurs). — Lundskog. USAP. 827315, 29 déc. 1903 (forme pour l'enroulement des bobines). — Mawdsley. DRP. 177675, 26 avril 1904 (inducteur). — Noeggerath. USAP. 829799, 22 sept. 1905 (collecteur). — Nürnberger Feuerlöschgeräte und Maschinenfabrik. DRP. 178059, 18 fév. 1906 (prise de courant pour dynamo). — Pieper, Springmann et Stort. DRP. 178058, 9 déc. 1905 (bobines de machines électriques). — Preuss. BF. 368486, 28 juillet 1906 (procédé pour fabrication de balais pour dynamo).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

DISTRIBUTION.

Emploi d'une batterie tampon sur un réseau triphasé, par Max Henke (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVII, 8 novembre 1906, p. 1045 à 1049). — L'emploi des batteries tampons était jusqu'alors limité, en général, aux installations à courant continu. L'auteur décrit une application particulière sur un réseau triphasé qui, paraît-il, a donné d'excellents résultats.

L'usine dont il s'agit possède trois alternateurs débitant des courants triphasés sous une tension de 1000 volts, et de 100, 50 et 35 kilowatts de puissance avec $\cos\varphi = 1$. Les gros moteurs sont alimentés sous 1000 volts; les petits moteurs et l'éclairage sont alimentés sous 110 volts à l'aide de transformateurs réducteurs de tension.

La puissance prise par l'usine varie de 100 kilowatts (jours d'hiver) à 30 kilowatts, la puissance moyenne ne dépassant pas 35 kilowatts; la dynamo de 50 kilowatts devait donc suffire la plupart du temps; cependant la mise en marche de monte-charges pouvant prendre 30 kilowatts nécessitait la mise en marche du groupe de 100 kilowatts dans de mauvaises conditions d'économie et de fonctionnement, car les à-coups causaient une marche irrégulière du moteur à vapeur et des variations de tension considérables dont se ressentait le réseau d'éclairage.

La direction de l'usine décida d'installer une batterie d'accumulateurs de 120 éléments, capable de fournir 30 à 35 kilowatts pendant 3 heures, chargée par un groupe moteur-dynamo pouvant fonctionner en sens inverse, moteur à courant continu-alternateur. Ce groupe devait remplir les conditions suivantes : utiliser du côté alternatif une puissance de 35 kilowatts, le côté à courant continu calculé de telle façon qu'il permette de faire débiter une puissance de 35 kilowatts, quelle que soit la tension de la batterie, et sans réglage du courant d'excitation ou des balais; il doit en outre permettre une variation de tension de 220 à 320 volts, la vitesse restant constante et égale à 750 tours par minute. Enfin, le groupe moteur-dynamo doit fonctionner en tampon et permettre une marche régulière de la machine génératrice.

On pouvait espérer de cette installation : *a*. une plus grande sûreté de fonctionnement; *b*. une moins longue durée de fonctionnement du groupe à vapeur; *c*. une diminution des frais d'exploitation.

S'il n'avait été imposé de fonctionner en tampon, il aurait suffi de coupler la génératrice de 35 kilowatts avec une machine à courant continu shunt normale, et c'est ce qu'on se résolut à faire immédiatement pour profiter le plus tôt possible des avantages de la batterie d'accumulateurs.

Cette installation, faite au commencement de 1905, travaillait de la façon suivante : quand la consommation de l'usine était faible, la dynamo de 35 kilowatts recevait de la puissance du réseau triphasé utilisé pour charger la batterie; après l'arrêt de la machine à vapeur, le groupe fonctionnait à l'inverse et débitait des courants triphasés en prenant de la puissance aux accumulateurs.

Pour faire fonctionner l'ensemble en tampon, il était possible d'employer plusieurs systèmes; celui qui a reçu la préférence ne comporte aucun relais sensible capable de se dérégler. Le schéma (*fig.* 1) permet de

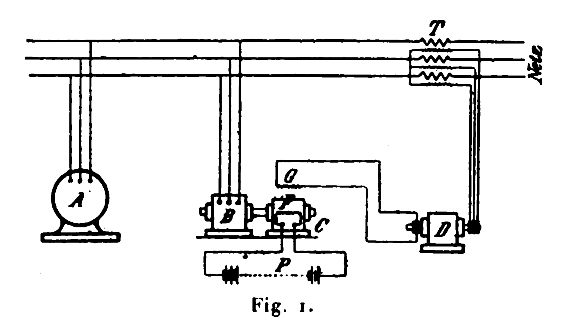


Fig. 1.

se rendre compte de son fonctionnement : le réseau est alimenté par la génératrice A; les courants débités passent par un transformateur série T, dont le secondaire alimente une commutatrice D. Le courant continu produit par cette machine est proportionnel au courant dans le réseau et circule dans l'enroulement G, agissant en sens inverse de l'enroulement shunt F de la dynamo à courant continu du groupe moteur générateur BC. Quand le courant dans le réseau augmente, la force électromotrice de C est diminuée, de sorte que le courant des accumulateurs entraîne le groupe; quand, au contraire, le courant du réseau diminue au-dessous d'une certaine valeur, la force électromotrice de C augmente et le groupe charge la batterie en prenant de la puissance au réseau.

La machine à courant continu devant servir de tampon est munie de pôles auxiliaires et capable de débiter 115 à 160 ampères à des tensions variant de 220 à 300 volts, en tournant à 750 tours par minute. Les pôles principaux sont munis de deux enroulements, dont l'un est alimenté par la batterie d'accumulateurs et l'autre par la commutatrice auxiliaire. Les pôles auxiliaires sont excités par le courant venant ou allant à la batterie; un rhéostat de shuntage de ces inducteurs permet de faire varier à volonté l'effet de ces pôles. L'emploi de pôles auxiliaires était imposé, car cette machine doit supporter de forts à-coups et passer brusquement de la marche en réceptrice à la marche en génératrice, et inversement.

La commutatrice auxiliaire possède un système inducteur mobile autour de l'axe de la machine; l'induit



tourne à 750 tours par minute dans l'inducteur à 8 pôles, dont on peut faire varier à volonté la position. Les primaires de trois transformateurs monophasés sont montés en série sur la ligne; les secondaires sont montés en étoile et alimentent les trois anneaux de la commutatrice auxiliaire; la tension de ces secondaires peut être réglée à pleine charge entre 14,5 et 29 volts, en augmentant le nombre de spires sur les transformateurs.

Dans une commutatrice ordinaire, le champ de l'induit a son axe dans le milieu de l'intervalle interpolaire; il influence peu le champ principal. Dans la commutatrice auxiliaire, au contraire, le champ de l'induit est amené dans la direction du champ principal par l'ajustement de la couronne d'inducteurs mobile, et de telle sorte que l'effet du champ de l'induit soit soustractif.

L'induit s'efforcerait de quitter cette position relative s'il n'était calé sur l'axe d'un moteur synchrone de plus grande puissance qui le maintient dans cette position. La tension du côté continu de la commutatrice ne dépend plus maintenant uniquement de l'excitation de ses pôles, elle dépend de l'effet différentiel des enroulements inducteurs et induit. Si les pôles ont une excitation constante, la tension côté continu dépend seulement des courants triphasés circulant dans l'induit.

Lorsque le courant du réseau est normal, le champ résultant dans la commutatrice auxiliaire est nul, la force électromotrice est nulle, ainsi que le courant circulant dans le deuxième enroulement des pôles principaux de la machine tampon qui peut ainsi, à volonté, charger la batterie, marcher à vide ou fonctionner au moteur suivant le réglage de son excitation indépendante.

Si la charge du réseau augmente, le champ induit augmente dans la commutatrice auxiliaire, qui fournit au deuxième enroulement des pôles principaux de la machine tampon un courant agissant en sens inverse de l'excitation séparée; il en résulte que le courant de charge de la batterie est diminué, puis amené à zéro pour passer à la décharge pour une certaine augmentation de charge du réseau.

Il est nécessaire de prendre quelques précautions pour la mise en parallèle de la commutatrice auxiliaire, ainsi que pour le réglage de son excitation, car de ce réglage dépend la charge du réseau pour laquelle le courant auxiliaire est nul.

L'installation a été mise en service en novembre 1905 et a donné depuis la plus entière satisfaction.

L'auteur donne des courbes montrant l'action du groupe tampon sur la charge et la tension de la machine principale qui travaille pratiquement à une charge constante de 20 kilowatts environ, bien que la charge totale varie de 25 à 50 kilowatts.

Par la diminution du temps de marche du groupe à vapeur et par la marche à un régime plus favorable de cette partie de l'installation, on a obtenu une diminution du prix de revient du kilowatt-heure utile sur le réseau de $0^{fr},025$; de plus, par suite de l'absence d'oscillations de tension, la consommation des lampes à incandescence a diminué de 50 pour 100 environ.

Cette installation paraît donc avoir donné tout ce qu'on en attendait. E. B.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Berg. USAP. 832357, 25 avril 1900. — Bohm. BF. 368607, 3 août 1906 (système de distribution de courant continu pour l'utilisation de sources de force variables). — Downie. DRP. 176429, 19 avril 1904 (système de distribution électrique à deux feeders de tension différente et un seul circuit d'utilisation). — Entz. USAP. 830982, 28 mars 1905. — Fairfax. USAP. 832852, 18 juillet 1892 (distribution par courant alternatif). — Jackson. BF. 366578, 25 mai 1906 (système de connexions pour distribution de courants alternatifs à voltage variable). — Hubbard. USAP. 828315, 10 avril 1905.

Prises de courant : *Bornes, boîtes de jonction* : Anderson. USAP. 827951, 11 sept. 1905 (boîte de jonction). — Avery. USAP. 824700, 18 avril 1904 (bouchon récepteur). — Bossert. USAP. 833296, 15 sept. 1904 (boîte de jonction). — Gentil. BF. 368008, 21 avril 1906 (nouvelle borne électrique). — Glover. USAP. 829644, 28 août 1903 (boîte de jonction). — Greenfield. USAP. 830316 et 830317, 10 et 28 octobre 1904 (boîte de jonction). — Hatzel et Morley. USAP. 823724, 2 fév. 1904 (bloc et bouchon pour prises de courant). — Hornsby. USAP. 833337, 7 janvier 1903 (boîte de distribution). — Moody. USAP. 829883, 6 nov. 1905 (boîte de jonction). — Murphy. BP. 25802, 1905 (borne). — Schneider. USAP. 825488, 21 mars 1905 (bouton poussoir). — Voigt et Hœffner. DRP. 178457, 23 sept. 1905 (prises de courant). — Weber. USAP. 825254, 23 mai 1905 (boîte avec prise de courant pour éclairage).

Résistances et Rhéostats : Attridge and British Submarine Boat Cy. BP. 19007, 1905. — Brockdorft. DRP. 178459, 9 déc. 1905 (résistance en forme de serpentin). — Cravens. USAP. 832720, 21 oct. 1905 (rhéostat liquide). — Felten. BP. 8656 (résistances liquides). — General Electric Company. BP. 7753, 1905. — Hadley. USAP. 829148, 16 déc. 1904. — Kunkel. USAP. 832912, 12 juin 1905. — Leonard. USAP. 827455, 13 mai 1905. — Ruzicka. BP. 15390, 1905. — BP. 7657, 1906.

Coupe-circuits et fusibles : Andrews. USAP. 829828, 19 juin 1905 (coupe-circuit). — Atkinson et Garside. BP. 20595, 1905 (coupe-circuit). — Geisenhöner. USAP. 833317, 8 mai 1903. — Hilliard. USAP. 883211, 30 avril 1904 (fusible pour transmissions à haute tension). — Hinkson. USAP. 831226, 25 mars 1905 (coupe-circuit). — König. BF. 367110, 12 juin 1906 (coupe-circuit à fil fusible). — Mehlhardt. BF. 366216, 30 avril 1906 (coupe-circuit). — Menzel. BF. 368267, 23 juil. 1906 (fusible non interchangeable). — Morganthaler. USAP. 825333, 29 juil. 1905 (boîte pour fusible). — Richards et Ramsay. USAP. 824884, 13 oct. 1905 (boîte pour fusible). — Sachs. USAP. 826888, 24 juin 1902 (fusible). — Scott. USAP. 827469, 14 oct. 1904 (coupe-circuit). — Stout. BF. 367052, 21 mai 1906 (perfectionnements dans les coupe-circuits). — Thulin. USAP. 826910, 12 déc. 1904 (fusible pour protéger les bobines contre l'échauffement). — Trumbo. USAP. 826974, 20 nov. 1905 (fusible). — Wheeler. USAP. 829043, 22 oct. 1904 (coupe-circuit). — Witt (de). USAP. 830209, 14 nov. 1904 (coupe-circuit automatiqre pour transformateurs).

Parafoudre : Brelsford et Lutz. USAP. 829055, 30 janv. 1905.



TRACTION ET LOCOMOTION.

MÉTROPOLITAINS.

Metropolitan et District Metropolitan Railways de Londres. — Nous avons donné dans un article sur les moyens de transports à Londres (p. 332) le plan des lignes du Metropolitan et du District Metropolitan et l'emplacement des deux stations centrales de Chelsea et Neasden et des sous-stations qui desservent ces lignes. La description détaillée de ces stations et sous-stations se trouve dans une autre partie du Journal ou sera publiée dans un prochain numéro. Nous ne donnerons ici que les renseignements concernant la voie et le matériel roulant et l'exploitation.

Les lignes de ces deux réseaux, exploitées primitivement à la vapeur, sont à double voie à ciel ouvert ou placées dans un tunnel en maçonnerie, que l'on a, bien entendu, conservé; mais on a refait les voies que l'on a montées sur des traverses en jarrah d'Australie pratiquement ininflammables.

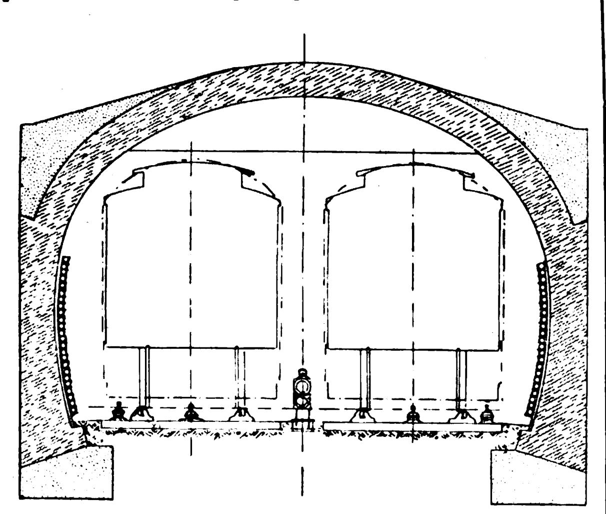


Fig. 1. — Section d'une ligne.

La figure 1 donne la coupe de la voie équipée électriquement qui comporte deux rails conducteurs séparés, l'un positif situé à $0^m,40$ à l'extérieur du rail de roulement et à $0^m,075$ au-dessus de celui-ci, et l'autre négatif placé au milieu de la voie à $0^m,037$ seulement au-dessus des rails de roulement. Ces rails conducteurs à semelle, qui pèsent 45^{kg} le mètre, sont fabriqués en acier excessivement doux contenant seulement 0,07 pour 100 de carbone et ayant une résistivité égale seulement à 6,5 à 7 fois, au lieu de 12 fois, celle du cuivre. Ces rails sont fixés (partie droite de la figure 2) sur la tête en fonte, portant deux oreilles latérales, d'un isolateur Doulton en porcelaine vitrifiée dont la semelle en fonte est boulonnée sur les traverses des rails. Ceux-ci sont réunis par une légère éclisse mécanique (partie gauche de la figure 2); ils sont, en outre, reliés

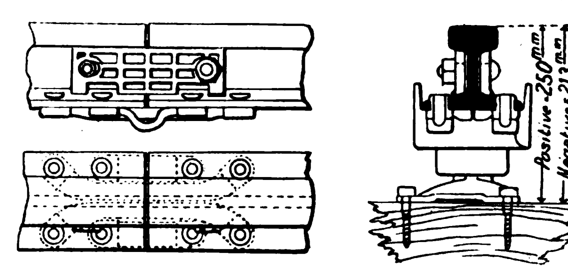


Fig. 2. — Éclissage et fixation des rails de contact.

électriquement par quatre connecteurs, deux longs de $0^m,25$ et deux courts de $0^m,112$ constitués chacun par un toron de fils de cuivre terminé par des cosses rivées sous la semelle des abouts de rails. Le rail positif est protégé dans les stations par une planchette verticale disposée du côté du rail de roulement (et maintenue par un boulon traversant l'âme du rail conducteur) de manière à empêcher les courts-circuits en cas de chute d'outils métalliques sur la voie; une planchette horizontale recouvre, en outre, le rail positif dans les points où le personnel peut avoir à traverser les voies.

Les rails conducteurs sont divisés en sections alimentées chacune par quatre fideurs, venant d'une sous-station (un pour chacun des quatre rails conducteurs de la double voie), isolés au caoutchouc avec enveloppe de plomb et posés dans des conduits le long de la voie. La jonction se fait par trois torons de cuivre souple soudés à une extrémité dans trois cosses solidaires de la tête d'une pièce de jonction en T. L'extrémité du câble s'engage dans la grande branche de cette pièce de jonction fixée sur un bloc de bois de jarrah enfoncé en partie dans le ballast. Chaque gare fait partie d'une section plus courte que les autres (puisqu'elle n'est guère plus longue qu'un train); de cette façon, si un court-circuit se produit au départ d'un train, il n'arrête pas le mouvement en deçà ni au delà de la gare.

Les rails de roulement sont, bien entendu, éclissés mécaniquement; en outre, l'un d'entre eux porte

des connecteurs légers à ses joints de manière à former conducteur continu positif pour le courant continu à 70 volts des signaux électropneumatiques Westinghouse ; l'autre rail de roulement est divisé par des joints isolés en autant de sections qu'il y a de signaux ; ces sections sont reliées par l'intermédiaire de résistances à un câble spécial aboutissant au pôle négatif de la source auxiliaire à 70 volts de la sous-station. Quand la section considérée n'est parcourue par aucun train, le courant à 70 volts circule du rail positif au rail négatif en traversant le relais du signal de la section ; quand un train y entre, ses essieux mettent les deux rails de roulement en court-circuit ; le relais ne recevant plus de courant produit le déclenchement d'ouverture d'une valve pneumatique qui met le signal à la position d'arrêt. Ces relais sont polarisés afin d'être insensibles aux dérivations qui pourraient provenir du courant de traction. Si un signal est dépassé par le mécanicien, un levier couché le long de la voie s'élève verticalement et vient buter sur un robinet du train qui ouvre la conduite du frein à air comprimé et provoque ainsi l'arrêt.

Un système spécial d'indication, qui n'avait jamais été appliqué encore sur aucun chemin de fer, fait connaître à chaque instant à l'aiguilleur du poste de sortie de chaque gare la destination des trois premiers trains à venir, ce qui lui permet de se préparer à faire les manœuvres de levier convenables pour que les trains ne subissent aucun arrêt à l'entrée de la section, ce qui est indispensable avec des départs très fréquents. La même indication des trois trains qui vont passer est donnée dans la gare aux voyageurs par des écriteaux lumineux. Les quais de stations, souvent en bois, ont été reconstruits en béton et munis sur les bordures de carreaux en porcelaine vitrifiée Doulton striée, de couleur vive pour appeler l'attention des voyageurs et empêcher les chutes sur les voies.

Dès que les derniers trains à vapeur auront disparu, les gares seront lavées et blanchies, ce qui leur donnera un aspect gai, tandis qu'autrefois leurs parois noires et enfumées rendaient le stationnement profondément morne, nous en avons eu maintes fois l'impression.

Le matériel roulant du réseau métropolitain est composé de voitures motrices et de voitures de remorque de première et de seconde classe, ne différant d'une classe à l'autre que par le luxe des

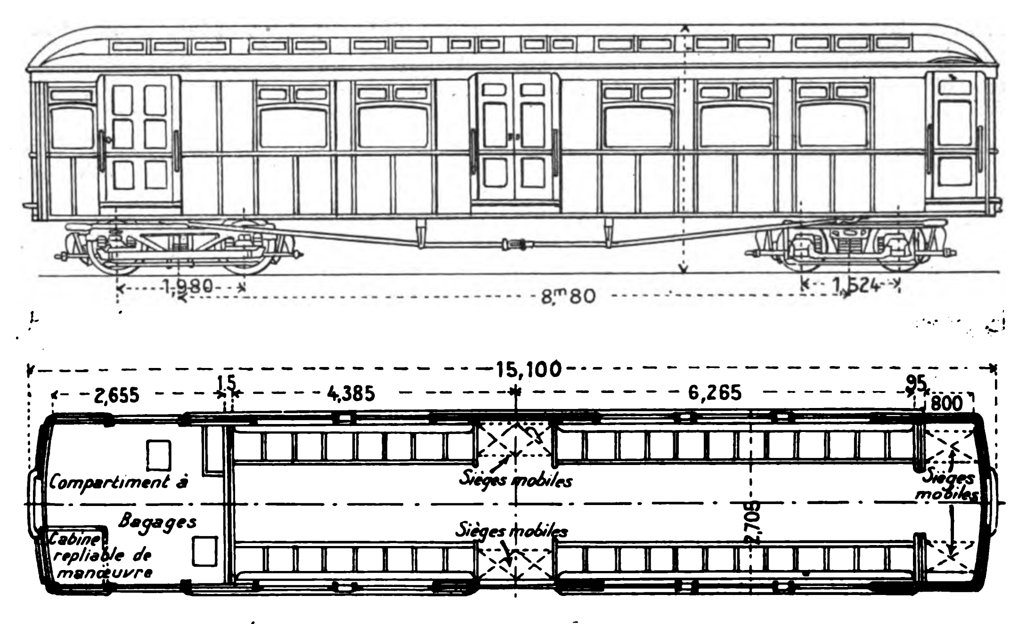


Fig. 3 et 4. — Élévation et plan d'une voiture motrice du District Metropolitan Ry.

garnitures intérieures. Ce sont des voitures à deux bogies de deux essieux, de 2m,70 de large et 15m,10 de long pour le District Metropolitan et 15m,75 pour le Metropolitan. Sur ce dernier réseau, chaque motrice contient 49 sièges et chaque remorque 56 sièges disposés partie longitudinalement et partie transversalement. Elles sont munies aux extrémités de deux portes coulissantes aboutissant à deux plates-formes intérieures de bout. Sur le District Metropolitan, il y a 48 sièges par voiture motrice et 52 par remorque. Ces voitures sont munies aux extrémités et au milieu de trois portes

coulissantes latérales aboutissant à des plates-formes intérieures, les portes de bout devant servir à l'entrée des voyageurs et celle du milieu à leur sortie. Les figures 3 et 4 donnent l'élévation et le plan d'une voiture motrice du District Metropolitan d'un type spécial avec fourgon à bagages; les voyageurs entrent alors seulement au milieu et à une extrémité; les portes de l'autre extrémité desservent le compartiment à bagages. Il y a des strapontins derrière les portes du milieu; on abaisse ceux qui sont du côté opposé au quai. Les voitures motrices placées au milieu du train ressemblent à des voitures de remorque, mais sur l'une des plates-formes se trouve, en outre des deux portes d'accès des voyageurs, une troisième porte maintenue d'ordinaire rabattue contre la paroi transversale de bout du véhicule derrière les appareils de manœuvre qu'elle protège, comme le ferait la porte d'une armoire. Cette porte peut être développée et constituer une petite cabine pour le mécanicien lorsque le train est divisé en deux et que la voiture devient l'extrême d'un petit train. Les attelages entre voitures sont automatiques, avec griffes mobiles dans un plan horizontal suivant le type américain. Les caisses des voitures sont en bois ignifugé. Elles sont munies de vitres fixes surmontées de petites vitres mobiles; la ventilation est complétée par des châssis du lanterneau; la hauteur intérieure est de $2^m,50$ au sommet du lanterneau et de 2^m aux angles latéraux. Elles sont brillamment éclairées par 30 ou 35 lampes de 16 bougies. Toutes les portes, montées sur rouleaux à billes, sont commandées pneumatiquement par le conducteur de chaque voiture qui manœuvre un petit robinet à trois voies placé sur la plate-forme et communiquant avec le réservoir auxiliaire à air comprimé du frein; il ferme après le départ des stations et ouvre avant l'arrivée en gare toutes les portes d'un côté ou de l'autre suivant la position des quais; ces portes peuvent néanmoins être ouvertes ou fermées à la main.

Les trains du Metropolitan et aussi ceux des lignes tubulaires appartenant à l'Underground Electric Railway ne peuvent, d'après le règlement, contenir de voitures motrices ailleurs qu'en bout. Ces trains n'ont donc que deux motrices et quatre voitures de remorque; chaque motrice porte quatre moteurs Westinghouse de 150 chevaux, un par essieu, soit 1200 chevaux par train. La commande se fait par le nouveau système à unité multiple électropneumatique Westinghouse à tourelle [1] qui n'utilise, on le sait, qu'un courant de commande de 14 volts fourni par deux petites batteries d'accumulateurs placées sur chaque voiture motrice. Le manipulateur est simple et compact. Il comporte seulement une touche neutre et cinq touches pour chaque direction; la première touche produit le serrage du frein à air comprimé; la seconde met les inverseurs dans la bonne position; la troisième met tous les moteurs en série avec intercalation de résistances; la quatrième actionne l'accélérateur qui enlève progressivement les résistances et la cinquième couple les moteurs en parallèle avec résistances progressivement décroissantes. Dans ce système, un limitateur ralentit l'enlèvement des résistances de manière que le courant ne dépasse jamais une valeur donnée. Des dispositifs automatiques coupent le courant si le mécanicien lâche la poignée du manipulateur et quand le frein est appliqué sur les roues [1].

Le réseau fait usage, en plus de ses voitures motrices, de dix locomotives électriques nécessaires pour remorquer des trains composés de matériel ordinaire, appartenant à de grandes lignes à vapeur qui empruntent une partie de son réseau: les trains de voyageurs des grandes lignes du Great Western, d'Edgware Road à Aldgate, sur la portion nord du cercle intérieur; d'Harrow à Baker street, sur l'extension du Metropolitan et les trains de marchandises sur le même parcours. Faute de longueur dans les gares, on a été obligé de construire des locomotives aussi courtes que possible, ce qui a conduit à prendre des moteurs plus petits qu'on n'aurait voulu et à ventilation forcée. Les figures 5 et 6 montrent l'élévation et le plan de ces locomotives, qui sont pourvues du frein à air comprimé et du frein à vide (ce dernier étant en usage sur certains trains) dont l'air est comprimé ou raréfié par de petites pompes électriqnes placées dans la cabine centrale, au milieu de laquelle se trouve un ventilateur électrique envoyant de l'air sur les moteurs par quatre conduits se rendant sous le châssis. L'air échauffé s'échappe dans l'atmosphère par quatre conduits disposés au-dessus des moteurs. Les locomotives, qui pèsent 170 tonnes, mesurent $10^m,32$

[1] Ce système a été décrit dans *La Revue électrique*, t. IV, 15 août 1905, p. 65.

[1] On a commencé, en juillet 1906, sur le Metropolitan Ry, à utiliser 9 trains de 7 voitures anciennes à compartiments séparés construites depuis 1900 pour le trafic à vapeur: on n'a rien changé aux 5 voitures intermédiaires à 7 compartiments et 70 places; on a conservé aussi les caisses des 18 voitures extrêmes à 4 compartiments de voyageurs, un compartiment à bagages et un compartiment de garde (devenu cabine de mécanicien) et l'on a posé ces caisses sur des châssis neufs munis de 4 moteurs de Thomson-Houston de 200 chevaux. Les trains sont ainsi constitués par 5 voitures ordinaires de 20 tonnes chacune et 2 motrices de 40 tonnes chacune et ont une puissance totale de 1600 chevaux: ils sont commandés par le système à unités multiples Thomson-Houston.



de longueur totale entre tampons et 9m,675 de longueur de châssis et les quatre essieux de leurs deux bogies portent chacun un moteur de type normal de 200 chevaux, pouvant donner 250 chevaux sous la ventilation forcée, soit 1000 chevaux au total. La pression de l'air injecté qui est d'ordinaire de 0,017 kg : cm² peut être portée à 0,025 kg : cm² dans les moments très chargés. Les deux bouts de la locomotive sont occupés par les résistances de réglage des moteurs, qui peuvent être couplés par

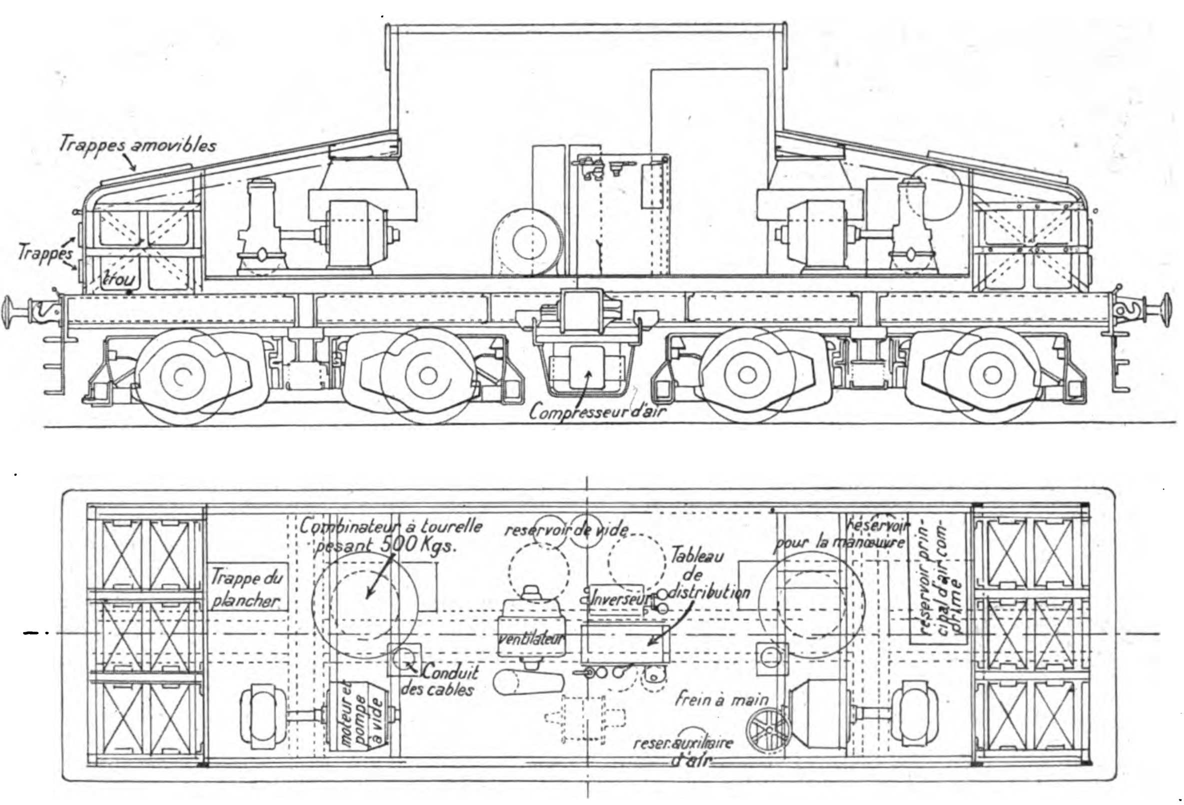


Fig. 5 et 6. — Élévation et plan d'une locomotive.

deux, en série ou en parallèle, à l'aide d'un manipulateur commandant deux combinateurs Westinghouse électropneumatiques à tourelles ; mais il y a autant de touches au manipulateur que de combinaisons avec résistances, parce que le passage d'une combinaison à l'autre se fait à la main et non automatiquement.

Les trains circulant sur les lignes du District Metropolitan sont généralement composés de sept voitures dont trois motrices ; deux en bout et une au milieu, commandées par le système à unités multiples Thomson-Houston à contacteurs (¹) ou électros actionnés par un courant électrique à 500 volts. Le manipulateur porte cinq touches pour la marche en série et une touche pour la marche en parallèle plus un inverseur ; le passage d'une combinaison à la suivante se fait sans couper le courant. Chaque moteur est pourvu d'un interrupteur automatique à contact de charbon, qui coupe le courant dans ce moteur s'il est surchargé ; en outre, tous les interrupteurs du train peuvent être actionnés à la fois par le mécanicien à l'aide d'un petit câble. Il y a au total dix câbles de commande s'étendant sur la longueur du train, plus un gros câble reliant les trois voitures motrices et fournissant du courant à l'une d'elles, si les frotteurs franchissent des parties isolées de rails conducteurs (aux aiguilles). Chaque motrice, dont les roues ont 0m,90 de diamètre, est pourvue de deux moteurs Thomson-Houston de 200 chevaux suspendus sous le châssis comme le montre la figure 7 et actionnant l'essieu par un train d'engrenages baignant dans l'huile. Les contacteurs et les résistances sont placés sous le châssis ainsi que le compresseur d'air (le freinage se fait par le système Westinghouse à air comprimé).

On a commandé, pour la remorque des trains de

(¹) Ce système a été décrit dans *La Revue électrique*, t. III, 15 mai 1905, p. 260.

grande ligne du London and North Western, qui empruntent le District Metropolitan sur la branche du cercle intérieur, de Earl's court à Mansion House, dix locomoteurs. Ces véhicules, dont la figure 8 donne la vue, ont l'aspect d'un fourgon à voyageurs avec lanterneau; ils ont $7^m,75$ de longueur de

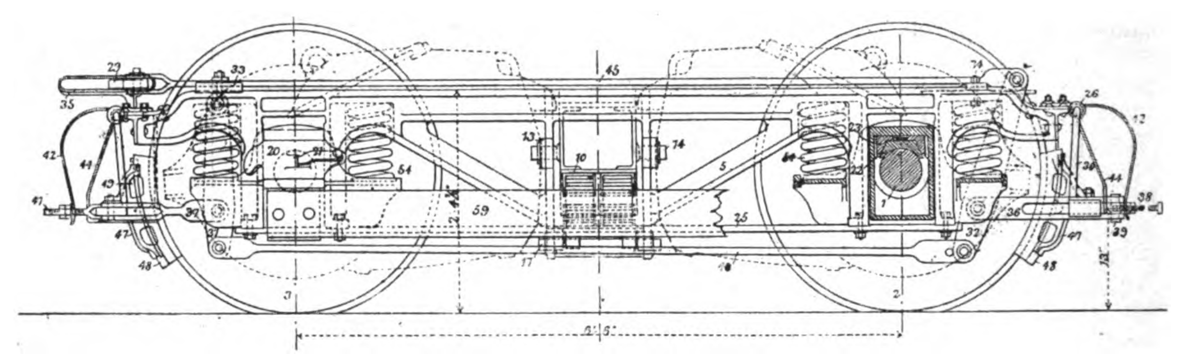


Fig. 7. — Élévation d'un bogie du District Metropolitan Ry.

caisse, $2^m,62$ de large, et $3^m,68$ de hauteur totale, et pèsent 28 tonnes; ils sont montés sur deux bogies à deux essieux et portent quatre moteurs Thomson-Houston de 200 chevaux montés exactement de la même manière que sur les voitures motrices (soit 800 chevaux de puissance totale). On accouple deux locomotives ensemble lorsqu'on veut remorquer de

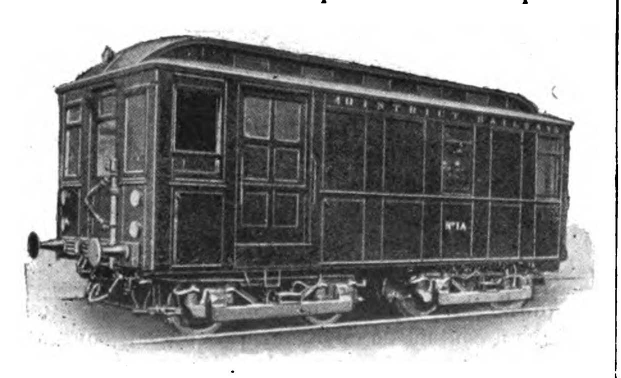


Fig. 8. — Locomoteur pour train de grande ligne.

longs trains de banlieue, ce qui est très fréquent; c'est pourquoi l'on n'a pourvu les locomotives que d'un seul poste de manœuvre à une de leurs extrémités. Les quatre moteurs peuvent être groupés tous en série ou tous en parallèle par un appareil Thomson-Houston à unités multiples qui permet de commander les deux locomotives à la fois quand il y en a deux d'accouplées. Chaque locomotive, quoique pourvue de sabots collecteurs, est reliée à l'autre par un câble principal. L'espace libre à l'intérieur de la caisse étant très vaste, on a pu y loger tous les appareils placés au-dessous du châssis quand il s'agissait des voitures motrices. D'un côté se trouve le tableau de distribution, le manipulateur et deux séries de contacteurs, d'inverseurs et de résistances; de l'autre côté se trouvent les appareils de freinage à air comprimé et à vide (ce dernier étant nécessaire pour les trains du North Western qui en font usage).

L'Underground Electric Railway Cy a installé deux ateliers de réparations, l'un au nord, à Golden Green, un peu au delà d'Hampstead, pour le réseau du Metropolitan et des tubes de la région nord, et l'autre, à l'ouest, à Mill Hill Park, près d'Ealing, pour le réseau du District Metropolitan. Ces deux ateliers sont pourvus d'un outillage perfectionné

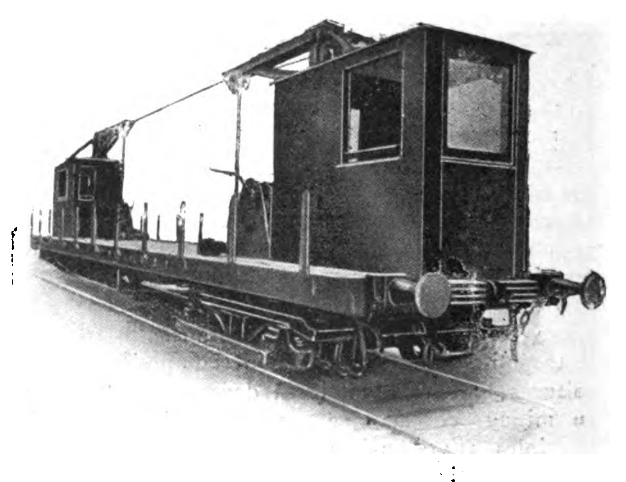


Fig. 9. — Voiture pour le transport des rails.

électrique et pneumatique, permettant d'effectuer rapidement toutes réparations. On y fait l'éducation du personnel à l'aide de châssis de démonstration. Il y a deux dépôts ordinaires de matériel

roulant, l'un à Neasden à côté de l'usine centrale pour le Metropolitan, et l'autre à Mill Hill Park à côté de l'atelier de réparation pour le District Metropolitan.

Un véhicule spécial, dont la figure 9 donne la vue, a été aménagé pour la pose des rails et les réparations à effectuer sur les voies. C'est un châssis de 15^m,60 de long entre tampons et de 2^m,58 de large, monté sur bogies portant quatre moteurs commandés par un des deux combinateurs placés dans deux cabines situées en bout et d'un côté de la plate-forme; de l'autre côté, la plate-forme est libre pour permettre le transport des rails dont le chargement et le déchargement sont effectués avec deux grues à main. Le véhicule pèse au total environ 20 tonnes.

Le dépôt de Mill Hill Park possède deux locomotives électriques qui ne servent que rarement sur les réseaux déjà construits du Métropolitain, mais qui sont employées continuellement dans la construction de la ligne tubulaire du Great Northen and Brompton (appartenant à l'Underground Electric Railway Cy) pour l'enlèvement des déblais et le transport des segments du tunnel, des traverses et coussinets de voies, etc. La figure 10 donne la vue

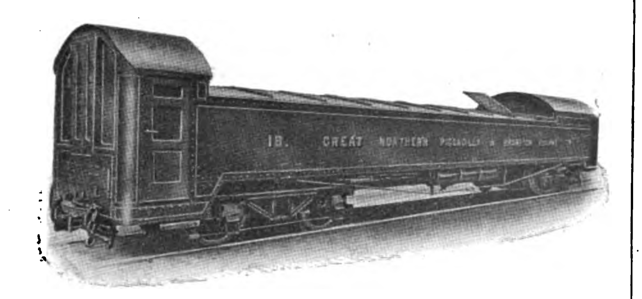


Fig. 10. — Locomotive à accumulateurs.

de ces locomotives, qui pèsent 65 tonnes, dont 31 d'accumulateurs; leur châssis de 14^m,77 de long sur 2^m,40 de large repose sur deux bogies portant chacun un moteur à faible vitesse. Une cabine de manœuvre est disposée à chaque bout; l'une occupe seulement 1^m,05 de longueur; l'autre a 3^m,25 de long parce qu'elle contient les appareils de couplage et de freinage. La plus grande partie, 10^m, de la longueur du châssis est occupée par un coffre contenant 80 éléments d'accumulateurs à 21 plaques de la Chlorid Electrical Storage Cy. La batterie, qui a une tension de 180 volts, a un débit normal de 180 ampères, mais peut supporter 800 ampères pendant quelques instants; sa capacité est suffisante pour faire le service d'une journée sans recharge. Ces locomotives peuvent remorquer 60 tonnes à la vitesse de 11 à 12 km : h.

Le service électrique a commencé le 1er janvier 1905 sur le réseau du Metropolitan sur la ligne d'extension de Baker street à Uxbridge; sur le District Metropolitan, les premiers trains électriques ont été mis en service en mars 1905 sur la ligne ouest de Hounslow. Sur les deux réseaux on a augmenté progressivement le nombre des trains électriques au fur et à mesure de l'achèvement des lignes et du matériel roulant, d'abord en juin 1905 sur les lignes de Whitechapel à l'est, et de Putney et Richmond au sud, sur le District Metropolitan, et plus tard sur le cercle intérieur. Cette substitution des trains à vapeur par des trains électriques a été achevée au début de 1906; il n'y a plus que la ligne Verney Junction par Buckinghamshire (au nord), du Metropolitan, qui reste exploitée à vapeur.

On atteint la vitesse de 48 km : h sur les lignes de banlieue; sur le cercle intérieur comprenant une partie du Métropolitain, la vitesse commerciale est de 24,8 km : h; le parcours de 20 km qui demandait 70 minutes avec le service à vapeur est accompli en 50 minutes environ. Des trains circulent sur le cercle intérieur toutes les 3 minutes et se succéderont plus tard toutes les minutes et demie. Les trains entièrement circulaires passent toutes les 5 minutes seulement; les autres sont des trains de banlieue.

Ch. Jacquin.

CHEMINS DE FER.

La traction électrique sur les chemins de fer suisses. — Dans un précédent numéro nous avons reproduit (p. 263 à 269) la première partie du rapport déposé par le Dr Wyssling, secrétaire général de la Commission chargée depuis 1904 d'étudier la question de la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur sur les chemins de fer suisses. Cette première partie indiquait les données utilisées pour déterminer la résistance au roulement et l'énergie nécessaire pour la marche en palier, ainsi que celles utilisées pour calculer l'énergie nécessaire aux démarrages et à la marche en rampe, et, enfin, l'énergie pouvant être éventuellement récupérée dans les descentes. Elle se terminait par un Tableau donnant le détail et le total de l'énergie nécessaire en un jour d'été. De ce Tableau, il résultait qu'il fallait fournir environ 1 200000 chevaux-heures à la jante des roues, ce qui représente environ 3000000 chevaux-heures sur l'arbre des turbines, soit la production d'une puissance continue de 125000 chevaux pendant 24 heures.

Dans la seconde partie de ce rapport, reproduite ci-dessous, M. Wyssling donne également sous forme de Tableaux les résultats des calculs de l'énergie nécessaire un jour ouvrable d'hiver et de

l'énergie journalière moyenne et trouve respectivement 927000 et 966000 chevaux-heures environ pour ces deux quantités, ce qui correspond à une puissance continue des turbines de 100000 chevaux.

Il est certain que l'on pourra facilement tirer des nombreuses ressources hydrauliques de la Suisse les 125000 chevaux nécessaires en été et les 100000 chevaux nécessaires en hiver. Malheureusement, et comme on s'y attendait d'ailleurs, cette puissance moyenne journalière est bien inférieure à la puissance instantanée maximum. Pour la plupart des tronçons cette dernière est 7 à 12 fois plus grande que la première, et pour un assez grand nombre le rapport s'élève à 15 et à 20, atteignant même 37. En groupant convenablement les tronçons à desservir par une même usine, le rapport relatif à leur ensemble diminue nécessairement, mais il semble résulter de l'examen des travaux déjà faits que ce rapport ne puisse descendre au-dessous de 5.

C'est donc une puissance hydraulique d'au moins 500000 chevaux qu'il faut capter. Pour utiliser le plus économiquement possible les installations, il importe que l'eau ne soit pas gaspillée pendant les heures de faible charge. Il faut donc que les usines hydrauliques soient pourvues de réservoirs d'eau considérables ou situées à très grande hauteur. Que ces réservoirs soient formés naturellement par des lacs, ou qu'ils soient créés artificiellement par des barrages, leur nécessité limite dans une assez large mesure le nombre des emplacements où l'on pourra créer des usines. Aussi, le rapporteur conclut-il que, si l'énergie nécessaire à la traction électrique paraît encore largement disponible en Suisse, « il convient de surveiller attentivement les chutes qui sont propres à cet usage et de se les assurer à temps ».

D'un autre côté, la nécessité d'aménager ou de créer des réserves d'eau occasionnera toujours un supplément de dépenses d'installation. L'amortissement de ces dépenses supplémentaires, celui du matériel de réserve des usines génératrices, utilisé seulement fort peu de temps, enfin celui du matériel des sous-stations, encore plus mal utilisé puisque le rapporteur estime que leur charge maximum sera environ 10 fois leur charge moyenne, viendront encore lourdement grever le prix de revient de l'énergie utilisée aux jantes des roues. Malgré ces charges considérables, la traction électrique sera-t-elle néanmoins plus économique que la traction à vapeur? Le rapporteur ne le dit pas, sans nul doute parce que la réponse doit être faite par une autre Commission.

Communication de la Commission suisse d'études pour la traction électrique des chemins de fer, par le Secrétaire général Prof.-Dr WYSSLING (*Bulletin technique de la Suisse romande*, 32e année, n° 21, 10 novembre 1906). — Les calculs précédents montrent que, sur les 1200000 chevaux-heures qui sont nécessaires pour le trafic d'un jour d'été, $\frac{1}{6}$ au plus, soit 200000 chevaux-heures environ, serait récupérable et cela dans le cas d'un système de traction parfait sous ce rapport. Cela représenterait une économie sensible. Mais il y a lieu de remarquer que cette récupération n'aurait pas partout la même importance. Sur la ligne du Brünig, sur les chemins de fer rhétiens, sur le Gothard, l'énergie ainsi disponible, théoriquement, se monte à $\frac{1}{3}$ du travail total, tandis que, sur l'ensemble des chemins de fer fédéraux, la proportion est de $\frac{1}{8}$, et tombe à $\frac{1}{13}$ dans le IIIe arrondissement. Si l'on tient compte, en outre, du fait que la récupération amène toujours des complications et qu'elle ne peut jamais donner des résultats complets, on reconnaît que le souci de la récupération ne doit influencer que secondairement, ou seulement pour certaines lignes, la question du système de traction à appliquer; le bénéfice à réaliser de ce fait sera en tous cas relativement minime.

Données sur l'énergie nécessaire en un jour d'hiver pour la traction, le chauffage et l'éclairage des trains.

Réseaux.	Tonnes-kilomètres.	Énergie nécessaire aux roues motrices en chevaux-heures.				Énergie nécessaire pour le chauffage et l'éclairage.	Énergie totale
		Rampes et résistance au roulement	Récupération.	Démarrage.	Totaux.		
Chemins de fer fédéraux	16028900	430625	(67930)	160055	590680	81755	672435
Manœuvres dans les gares	//	24000	//	16000	40000	//	40000
Gothard	3050000	107100	(38000)	11900	119000	11200	130200
Lignes secondaires à voie normale	926700	33290	(12155)	10245	45535	10585	54120
Total des voies normales	20005600	595015	(118085)	198200	793215	103540	896755
Voies étroites	393130	21910	(7725)	2060	23970	6340	30310
Total général	20398730	616925	(125810)	200260	817185	109880	927065

Données sur l'énergie moyenne nécessaire par jour pour la traction, le chauffage et l'éclairage des trains.

RÉSEAUX.	TONNES-KILOMÈTRES.	ÉNERGIE NÉCESSAIRE AUX ROUES MOTRICES EN CHEVAUX-HEURES.				ÉNERGIE nécessaire pour le chauffage et l'éclairage.	ÉNERGIE totale.
		Rampes et résistance au roulement.	Récupération.	Démarrage.	Totaux.		
Chemins de fer fédéraux	18030000	476500	(82400)	189500	666000	27300	693300
Manœuvres dans les gares	"	27000	"	18000	45000	"	45000
Gothard	3460000	121000	(43200)	13500	134500	3700	138200
Lignes secondaires à voie normale	1061400	38145	(14785)	11780	49935	3540	53475
Total des voies normales	22551400	662655	(140385)	232780	895435	34540	929975
Voies étroites	526710	30755	(11030)	2860	33615	2175	35790
Total général	23078110	693410	(151415)	235640	929050	36715	965765

La *diminution de dépense en hiver* est importante. Comme on l'a vu plus haut, l'énergie nécessaire aux chemins de fer a été calculée non seulement pour un jour d'été, mais aussi pour une journée d'hiver. Le résultat est beaucoup plus faible dans ce dernier cas; il y a lieu, par contre, d'ajouter la dépense d'éclairage et de chauffage.

Le Tableau page 366 renferme quelques données sur le sujet.

Comme on le voit, le travail de traction proprement dit ne s'élève en hiver qu'aux trois quarts environ du total de l'été; ce rapport tombe pour quelques lignes à 50 pour 100 (sur le Brünig à 25 pour 100); par contre, il s'élève plusieurs fois à 90 pour 100.

Si l'on ajoute à cela le chauffage et l'éclairage, qui montent en moyenne à 13 pour 100 de la dépense de traction, on constate que la dépense d'hiver est, en moyenne, les 77 pour 100 de celle de l'été. Remarquons que cette valeur n'est pas un minimum, car on a choisi un *jour ouvrable* (le minimum se produit le dimanche, le service des marchandises étant supprimé ce jour-là).

Nous supposerons désormais que les forces hydrauliques disponibles sont munies de réserves d'eau suffisantes pour parer aux différences d'énergie qui se présentent en hiver et en été. La constitution de ces réserves s'imposera d'elle-même pour obvier *aux variations de puissance* qui seront nécessaires, ainsi que pour compenser la variabilité des cours d'eau dans les différentes saisons.

Du moment que ces réserves sont supposées exister, il n'y a plus à tenir compte que de la *moyenne annuelle de l'énergie journalière* nécessaire, plus brièvement, de l'*énergie annuelle*. Voici de quelle façon cette quantité a été déterminée. On s'est basé sur le trafic réel exprimé en tonnes-kilomètres par an, obtenu en prenant la moyenne entre le trafic d'un jour ouvrable d'été et d'un jour ouvrable d'hiver, et en déduisant 7 pour 100 pour la suppression du service des marchandises le dimanche (le trafic des marchandises étant estimé à 50 pour 100 du trafic total). L'énergie dissipée par le chauffage et l'éclairage a été comptée pour $\frac{1}{3}$ de sa valeur réelle d'un jour d'hiver, ce qui correspond à admettre par an 120 jours complets de chauffage et d'éclairage. Le Tableau ci-dessus donne un résumé des calculs.

Comme on le voit par comparaison avec les Tableaux précédents, le *travail moyen de traction* exprimé en tonnes-kilomètres représente, pour les voies normales, le 78 pour 100; pour les voies étroites, le 68 pour 100 du travail d'un jour d'été.

Le *travail journalier moyen* exprimé en chevaux-heures s'élève à 80 pour 100 de celui d'un jour d'été et à 105 pour 100 de celui d'un jour d'hiver.

	ÉNERGIE consommée par le chauffage et l'éclairage [1].	ÉNERGIE éventuellement récupérable [1].		
		Force vive.	Freinage sur les pentes.	Totaux.
Jour ouvrable le plus chargé de l'été.				
Voies normales	"	25,7	16,0	41,7
Voies étroites	"	8,2	33,6	41,8
Moyenne générale	"	24,8	16,7	41,5
Jour ouvrable d'hiver.				
Voies normales	13	25,0	14,9	39,9
Voies étroites	26,5	8,6	32,3	40,9
Moyenne générale	13,3	24,4	15,3	39,7
Jour moyen.				
Voies normales	3,9	25,9	15,7	41,6
Voies étroites	6,4	8,5	32,7	41,2
Moyenne générale	4,0	25,3	16,3	41,6

[1] En pour 100 du travail de traction (rampes, roulement et démarrage).

Les 966000 chevaux-heures du Tableau ci-dessus représentent, en calculant par excès, 2400000 chevaux-heures à fournir par les turbines des stations centrales, ce qui correspond à une *puissance permanente* de 100000 chevaux aux turbines.

Nous donnons ci-dessus un Tableau qui indique le *rapport des énergies accessoires et de celle qui serait éventuellement récupérable à l'énergie employée uniquement pour la traction.*

LA PUISSANCE NÉCESSAIRE, ET EN PARTICULIER SON MAXIMUM. — La détermination de la puissance exigée par les divers réseaux et tronçons n'est pas utile seulement pour l'étude des centrales hydrauliques, mais encore pour celle des canalisations électriques. Nous ne nous occuperons ici, pour le moment, que des forces hydrauliques.

Voici de quelle façon il a été procédé :

Un *barême des vitesses d'après les rampes* fut établi, correspondant à peu près à ce qui peut être atteint actuellement par la traction à vapeur dans des circonstances favorables; ce barême, représenté graphiquement par des courbes, indique à peu près les valeurs données par le Tableau suivant :

	VITESSES ADMISES en kilomètres à l'heure sur des rampes de :				
	0 pour 1000.	5 pour 1000.	10 pour 1000.	25 pour 1000	35 pour 1000.
	Voies normales en général.				
Express........	80	67	56	40	"
Omnibus.......	70	56	45	30	"
Marchandises...	50	40	31	20	"
	Gothard.				
Express........	75	60	51	40	"
Omnibus.......	55	46	40	30	"
Marchandises...	40	34	29	20	"
	Voies étroites.				
Toutes catégories de trains.	40	36	31	20	18

D'après ces vitesses et les valeurs admises plus haut pour la résistance au roulement, on construisit alors le *diagramme des puissances pour un train de* 100 *tonnes*, c'est-à-dire un graphique donnant, pour chaque catégorie de trains, la puissance en fonction de la rampe.

D'après ce premier diagramme, on put établir, pour chaque tronçon de ligne et chaque catégorie de trains, *un diagramme des trains* pour un train de 100 tonnes, en prenant le temps pour abscisse; la puissance en chevaux fut portée en ordonnées sur l'horaire graphique, et cela dans l'hypothèse que le train marchait sur chaque tronçon à la vitesse admise pour la *rampe maximum* de ce tronçon. Cette hypothèse simplificatrice peut évidemment être adoptée pour le calcul de la *puissance maximum*, puisque celle-ci est réellement nécessaire à certains moments; il est bien entendu, par contre, que la *puissance moyenne* que l'on obtiendrait en planimétrant ce diagramme des trains serait beaucoup plus élevée que dans la réalité des choses

En portant sur l'horaire graphique les diagrammes de *tous les trains* circulant dans la journée sur la ligne considérée, on obtient finalement *le diagramme de chaque tronçon pour un train de* 100 *tonnes.*

Ce travail fut fait sur l'horaire d'été 1904 en tenant compte de tous les trains périodiques ou facultatifs. En prenant ensuite, sur les tableaux de charges des trains des chemins de fer fédéraux, les *poids maximum* (d'août, pour les trains de voyageurs; d'octobre, pour les trains de marchandises) de chaque numéro de trains, on construisit un *diagramme des puissances pour chaque tronçon,* en additionnant toutes les 10 minutes (et parfois à de plus courts intervalles) les puissances exigées par tous les trains en circulation. Pour les lignes autres que celles des chemins de fer fédéraux, on se basa sur les poids maximum indiqués par les horaires de service.

On admit aussi que les trains se suivaient à la distance de bloquage. Pour toutes les descentes jusqu'à 6 pour 1000, on calcula avec la puissance nécessaire en palier; sur les pentes les plus fortes, on admit que le mouvement se faisait sans apport d'énergie.

On n'a pas tenu compte spécialement de la puissance nécessaire à l'*accélération;* en effet, avec les accélérations actuelles de 0,10 à 0,15 par m : sec², on peut considérer que cette puissance est largement couverte par la supposition que chaque train, dès son départ, exige la puissance nécessaire pour la rampe *maximum* du tronçon considéré.

En résumé, toutes les hypothèses faites doivent donner des puissances maximum plutôt supérieures à celles qui seront nécessaires en réalité.

On put ensuite procéder à la confection des *diagrammes de puissance* de réseaux quelconques, tout simplement en additionnant les ordonnées du même instant. Il en résulta naturellement que, plus les réseaux étaient étendus, plus les courbes de puissances devenaient régulières.

Pour pouvoir les utiliser dans la suite pour le calcul des réseaux de distribution électrique et celui des machines des stations centrales, il fut nécessaire de dessiner les diagrammes de puissances de tous les tronçons. En effet, dans l'exécution future de la traction électrique, et d'après la distribution géographique des forces hydrauliques disponibles, il conviendra d'attribuer un point d'alimentation à chaque groupe de tronçons, et à chaque centrale le service d'un certain nombre de ces points d'alimentation.

L'ensemble du réseau suisse fut partagé en un certain nombre de réseaux (140 environ), pour chacun desquels on établit le diagramme des puissances, en se basant sur le travail journalier total et par conséquent sur *la puissance moyenne nécessaire* 24 *heures par jour.*

Le *rapport* entre la puissance maximum et cette *puissance moyenne* varie dans la plupart des tronçons

entre 7 et 12; pour un assez grand nombre, il s'élève à 15 ou 20 (au maximum 37). Par contre, les cas où ce rapport tombe jusqu'à 6 sont assez nombreux, et sur quelques lignes isolées, sur le Gothard notamment, il descend jusqu'à 4 et 3,2 pour des tronçons en rampe relativement longs.

On reconnaît par ces quelques données que *les fluctuations de la puissance* exigée sont très considérables

En groupant en un petit réseau un ensemble de tronçons partant d'un des futurs points d'alimentation, on reconnaît que les fluctuations n'y sont guère plus faibles. Prenons, par exemple, le réseau d'Etzwylen, composé de cinq sections faisant en tout 161^km^,34. Le diagramme montre, pendant les 22 heures que dure le service journalier, une puissance *moyenne* (rapportée à 24 heures) de 1517 chevaux et présente *vingt-cinq* maxima et minima, tandis que la puissance *maximum* du même réseau s'élève à 10500 chevaux (ce qui représente 6,9 fois la puissance moyenne). La plus forte fluctuation de puissance représente environ le 60 p. 100 de la puissance maximum. Les tronçons dont se compose le réseau, pris un à un, ont des maxima qui se montent *au décuple* de leur puissance moyenne; la somme de ces maxima s'élèverait à 14050 chevaux. Les maxima des diverses sections ne se produisant pas simultanément, la réunion en un seul réseau abaisse le maximum de 14050 à 10500 chevaux, ce qui représente une amélioration qui se chiffre par le rapport de 10 à 6,9.

En ajoutant au réseau d'Etzwylen les réseaux de Wil (187^km^,9) et de Rorschach (89^km^,3), on obtient un réseau de 439^km^ de lignes, qui correspond à peu près au 4e arrondissement des chemins de fer fédéraux, diminué de la ligne Altstätten-Coire, mais augmenté par contre des lignes secondaires de la région. Le rapport de la puissance maximum à la puissance moyenne (toujours comptée sur 24 heures) tombe alors à 5, et la plus forte variation ne s'élève plus qu'à 35 pour 100 de la puissance maximum (abstraction faite de la brusque variation qui se produit à l'ouverture et à la clôture de l'exploitation journalière).

Des constatations analogues peuvent être faites sur tous les réseaux de même développement (soit d'environ 30000 chevaux de puissance maximum aux roues motrices).

Il ne sera pas souvent possible de composer des réseaux plus étendus dépendant d'une seule usine génératrice; l'examen des travaux déjà faits permet de conclure qu'il n'est guère possible de faire descendre au-dessous de 5 le rapport entre la puissance maximum et la puissance moyenne; ce rapport doit donc être considéré comme la limite inférieure de ce qui pourra être obtenu dans cet ordre d'idées.

Installation des usines centrales. — Les résultats que l'on vient de lire, extraits du travail de M. l'ingénieur Thormann, pourront servir de base à l'étude des installations pour la force motrice et la distribution. Nous allons en tirer immédiatement quelques conclusions.

Les usines centrales devront tout d'abord être capables de supporter des *variations énormes* de débit; même en groupant les lignes en réseaux étendus alimentés par des usines hydrauliques aussi puissantes que possible, les machines et l'ensemble des installations devront pouvoir fournir à l'occasion *le quintuple* de leur puissance moyenne. Pour les réseaux de faible développement, dont les centrales seront relativement petites, et pour les stations de transformation, il arrivera facilement que les puissances maximum s'élèveront *au décuple* de la puissance moyenne.

On se rend compte à la réflexion qu'il n'y a pas possibilité, dans l'état actuel des choses (et peut-être pour toujours), de songer à égaliser les puissances demandées aux centrales par l'emploi de batteries d'accumulateurs. On est donc amené à imposer aux usines génératrices et à leurs réserves hydrauliques le soin de parer aux variations de puissance; ce fait limite le choix des emplacements d'usines à ceux qui sont situés près des lacs, car on ne peut songer, au point de vue économique, à faire des installations où on laisserait s'écouler, sans l'utiliser, l'eau surabondante aux instants de charge moyenne. Ce dernier genre d'usines ne peut donc être employé qu'en connexion avec des installations possédant des réserves hydrauliques. Comme, d'autre part, l'installation de réserves ne peut se faire économiquement qu'avec de hautes chutes, ce sont ces dernières qu'il conviendra surtout d'utiliser.

Dans tous les cas où des réservoirs ne pourront pas être placés à proximité des centrales, il faudra chercher à créer des réserves indirectes au moyen de moteurs électriques, de pompes ou de réservoirs à haute chute placés à une certaine distance.

Nous allons essayer de nous rendre compte, superficiellement au moins, de la *puissance totale* des chutes nécessaires. Nous pourrons admettre en première approximation que le rendement est à peu près le même à la plus forte charge qu'à la puissance moyenne, c'est-à-dire que ce rendement est égal à celui qui a été supposé plus haut dans le calcul de l'*énergie*. En effet, le rendement des moteurs, du réglage et des transformateurs est plus élevé à forte charge qu'à puissance moyenne, tandis que pour des canalisations électriques, c'est le contraire.

Ici encore, nous pourrons adopter 45 pour 100 comme rendement de la transmission des turbines aux rails, même dans les cas d'un système très désavantageux, d'autant plus que nous pouvons admettre que la présence d'accumulateurs électriques n'amènerait pas de changements notables dans ce rapport; mais nous ne calculerons ici qu'avec 40 pour 100, comme dans la première partie de ce rapport; en outre, nous adopterons encore les rapports de *cinq* entre les puissances maximum et moyenne.

Les 100000 chevaux de puissance moyenne donneront alors 500000 *chevaux comme puissance totale des turbines des stations centrales;* ces 500000 chevaux seraient employés en plein 4 heures 45 minutes par jour, en moyenne $\left(\frac{24}{5} = 4^h,45\right)$. Ceci dans l'hypothèse de très grandes usines génératrices; s'il devient nécessaire de fractionner ces usines, il faudra multiplier les 100000 chevaux par un nombre plus grand que 5.



Si la récupération sur les pentes arrive à pouvoir se faire pratiquement, l'*utilisation* de la puissance maximum diminuera; mais cette puissance maximum elle-même ne diminuera pas beaucoup; ce ne sera guère que sur l'énergie journalière ou annuelle qu'il y aura bénéfice.

Les énormes fluctuations de la puissance influent dans un sens très défavorable l'installation des usines et des machines; elles limitent le choix des forces hydrauliques et augmentent sensiblement le capital engagé. Malgré donc qu'il semble que l'énergie nécessaire pour la traction électrique soit encore largement disponible chez nous, il convient de surveiller attentivement les chutes qui sont propres à cet usage et de se les assurer à temps.

TRAMWAYS A CANIVEAUX.

Comparaison des tramways à caniveaux de New-York et de Londres. — Ainsi qu'il a été indiqué dans un récent article de M. Blackstone [1] relatif aux moyens de transport à New-York, mais décrivant plus généralement les lignes de chemins de fer métropolitaines de cette cité, la ville est sillonnée depuis longtemps, surtout dans la partie centrale constituée par l'île de Manhattan, par de nombreuses lignes de tramways circulant au niveau du sol, sur l'exploitation desquelles nous donnerons aujourd'hui quelques détails, d'après des renseignements empruntés à un rapport de M. Allen Baker, président du Comité des tramways du comté de Londres. Ce dernier a mis en comparaison les chiffres tirés de l'exploitation des tramways à caniveaux de Londres, très étendus maintenant comme il sera expliqué dans un prochain article de *La Revue*.

Les réseaux de tramways des quartiers de Brooklyn et de New Jersey sont presque entièrement exploités par trôlet aérien, ainsi que les districts éloignés du nord de l'île de Manhattan [2]. Dans la plus grande partie de l'île de Manhattan les tramways, exploités tout au début avec la traction par câbles par plus de 40 compagnies distinctes, sont maintenant entre les mains d'une seule compagnie, la New-York City Street Railway C° qui a commencé l'essai du système à caniveau en 1894 sur la ligne de Lennox Avenue. Les résultats ont été si satisfaisants que le système a été appliqué non seulement aux lignes nouvelles mais aux anciennes lignes à traction funiculaire par rapport à laquelle la traction électrique par caniveaux a montré une économie de $0^{fr},15$ par voiture-kilomètre.

Il y a actuellement à New-York 336^{km} de voie simple à caniveau, contre 196^{km} dans le comté de Londres. Le tarif est uniforme, $0^{fr},25$ avec la faculté de correspondance sur 2 ou 3 lignes à une distance pouvant atteindre 24^{km}. Sur les tramways de Londres la taxe la plus élevée est de $0^{fr},30$ pour un parcours de 10^{km} et la plus faible de $0^{fr},15$ pour un parcours de $1^{km},600$, soit $0^{fr},05$ par kilomètre environ; on délivre en outre des billets ouvriers de $0^{fr},10$ pour un billet simple et de $0^{fr},20$ aller et retour pour une distance quelconque, ce qui abaisse le prix moyen d'un voyage à $0^{fr},093$.

A New-York la vitesse moyenne sur l'ensemble des lignes est de 16 km : h et à Londres de 12 km : h. A New-York, dans les grandes artères de Broadway, de la 4e avenue, etc., les voitures se succèdent toutes les 15 ou 20 secondes pendant plusieurs heures de la journée; les rues étant souvent très étroites les accidents, et notamment les collisions avec des véhicules débouchant d'une rue transversale, y sont bien plus fréquents qu'à Londres.

La Compagnie de New-York a environ 3000 voitures en service, sans impériale et dont beaucoup sont entièrement ouvertes. Dans le dernier exercice annuel, le parcours a été de 830 millions de kilomètres-voitures, et la recette par kilomètre-voiture de 1^{fr}, tandis qu'à Londres elle n'est que de $0^{fr},80$.

Le coût de construction des lignes est de 300000^{fr} à 400000^{fr} environ par kilomètre de voie simple à New-York et de 230000^{fr} environ à Londres. La dépense plus forte à New-York tient probablement à ce que certaines parties ont dû être creusées dans le roc solide, que le caniveau a une section plus grande, que l'on a rencontré davantage de ponts et autres obstacles, enfin que tous les matériaux sont plus chers.

La construction des usines et sous-stations est revenue à 90000^{fr} par kilomètre de voie à New-York et au même prix à Londres.

Les frais de nettoyage du caniveau sont plus élevés à New-York qu'à Londres, à cause des hivers bien plus rigoureux où l'on a à lutter contre la neige et le gel.

Les mécaniciens sont payés à New-York de $10^{fr},50$ à $12^{fr},50$ par journée de 10 heures : on leur fait subir une éducation technique assez longue avant de les admettre; il leur est interdit de s'asseoir pendant toute la durée de leur service; à Londres un mécanicien est payé 6^{fr} à 7^{fr} par jour. Les conducteurs sont payés de 10^{fr} à 11^{fr} par jour à New-York et de 6^{fr} à 7^{fr} à Londres.

Les dépenses d'exploitation sont de $0^{fr},47$ par voiture-kilomètre à New-York et de $0^{fr},45$ à Londres; mais, dans cette dernière ville, l'intensité de circulation est bien plus faible, de sorte qu'en réalité

(1) *La Revue électrique*, t. VI, 15 octobre 1906, p. 200.

(2) Par suite d'une erreur de plume, le trôlet était indiqué dans l'article de M. Blackstone comme régnant dans toute l'étendue des rues de Manhattan.



la durée des installations est plus faible à New-York qu'à Londres.

Les avantages du système de tramways à caniveaux sur celui à trôlet sont les mêmes à Londres qu'à New-York, parce que ce sont deux cités très importantes toutes deux; la vue n'est pas gênée; on n'a pas à craindre les accidents dus à la chute des fils, il n'y a pas de troubles dus à l'électrolyse sur les conduites de gaz et d'eau et pas de troubles sur les appareils magnétiques voisins; la durée du conducteur et des isolateurs est bien plus grande, 30 ans probablement au lieu de 3 ou 4 ans.

VITESSE DES TRAINS ET VOITURES.

Vitesse maximum imposée et vitesse maximum désirable. — Dans le Congrès qui eut lieu à Milan en septembre dernier, l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local avait mis à l'ordre du jour de ses travaux la question suivante : De la vitesse maximum des trains pour les lignes de chemins de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route. Suivant l'usage adopté par l'Union la discussion avait été préparée par une enquête auprès des exploitants affiliés à l'Union, la publication des réponses de ceux-ci et la présentation d'un rapport résumant les points essentiels des documents recueillis.

Le questionnaire adressé aux divers membres de l'Union comprenait 11 questions [1], les huit premières relatives aux conditions réelles d'exploitation, les trois autres aux vitesses maximum imposées par les règlements et aux vitesses maximum qui conviendraient le mieux à l'exploitation. Ce questionnaire a été rempli plus ou moins complètement par 120 exploitations dont 61 exploitations de chemins de fer d'intérêt local et 59 exploitations de tramways; ces 120 réponses ont été résumées sous forme de Tableaux qui n'occupent pas moins de 45 pages grand format; en outre, quelques-unes, particulièrement intéressantes et trop longues pour être résumées, ont été reproduites intégralement à la suite de ces Tableaux.

Parmi ces réponses, celle de l'Union technique des chemins de fer d'intérêt local et des tramways de France nous intéresse plus particulièrement; la voici :

« L'Union technique des chemins de fer d'intérêt local des tramways de France est d'avis : que la vitesse des trains peut être portée sur voies bien entretenues en rails de 18 à 20 kg : m, au moins à :

	km : h.
a. Sur siège spécial	50
b. Sur route, en pleine campagne	35
c. Sur route, dans les artères peu bâties	15 à 20
d. Sur route, dans les artères complètement bâties.	8 à 12

» Il n'arrivera d'ailleurs pas plus d'accidents sur les routes avec des vitesses plus grandes qu'avec les vitesses actuellement imposées en France. En effet, lorsqu'un train marche à faible vitesse, le public s'imagine qu'il peut s'arrêter subitement et que le choc en tout cas sera moins dangereux; il ne se rend pas compte qu'un train marchant à 10 km : h écrase tout aussi bien un homme ou renverse une voiture qu'avec une vitesse plus grande. Dès qu'il verra celle-ci augmentée, il aura l'impression du danger et se garera plus vite et mieux; le nombre des accidents diminuera. Presque tous les accidents sur route proviennent de l'insouciance des victimes. Le train suit en effet une ligne tracée à l'avance, il s'entend et le plus souvent s'aperçoit d'assez loin pour que la moindre attention jointe à la précaution de tenir, s'il est ombrageux, le cheval par la bride, suffise pour empêcher tout accident. Ce n'est pas au chemin de fer qu'il faut demander d'assurer la sécurité des voyageurs sur route, c'est à ceux-ci d'avoir de simples notions de prudence. Nous pouvons citer à l'appui de cette thèse que, sur une ligne d'intérêt local où un arrêté préfectoral prescrit aux voituriers de tenir les chevaux par la bride, il ne s'est pas produit trois accidents depuis treize ans, alors qu'avant ces prescriptions, il s'en produisait deux ou trois par an. Si les pouvoirs publics ne tolèrent pas une augmentation des vitesses actuelles sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, ils soulèveront de la part des voyageurs des récriminations d'autant plus ardentes que les auto-

[1] Voici ce questionnaire :

1. Votre réseau de chemins de fer d'intérêt local est-il à traction à vapeur ou à traction électrique?
2. Vos trains servent-ils au trafic voyageurs seul, au trafic marchandises seul, ou au trafic mixte?
3. Quelle est, entre deux stations consécutives, la vitesse moyenne de vos trains pour les lignes : *a*. Sur siège spécial; *b*. Sur route en pleine campagne; *c*. Sur route, dans les artères peu bâties des agglomérations; *d*. Sur route, dans les artères complètement bâties des agglomérations?
4. Quelle est, entre les points terminus de vos lignes, la vitesse moyenne commerciale de vos trains?
5. Quelle est la vitesse de démarrage de vos trains?
6. Sur quelle longueur obtenez-vous l'arrêt de vos trains?
7. Quelles sont les prescriptions pour le freinage de vos trains, en tenant compte des particularités du profil en long de la voie et de la vitesse de marche?
8. Quelle est la vitesse maximum de vos trains?
9. La réglementation de la vitesse demandée en 8° vous a-t-elle été imposée par les autorités? Le cas échéant, quelles sont ces autorités? Prière de nous faire connaître la partie intéressante de cette réglementation?
10. Estimez-vous que la vitesse maximum de vos trains puisse être augmentée sans danger? Motivez votre réponse.
11. Quelle est d'après vous, et en tenant compte du côté économique de la question, la vitesse maximum qui devrait être adoptée par suite des progrès récents dans la construction des voies et des appareils de freinage.



VITESSE maximum en kilomètres par heure.	RÉSEAUX à écartement normal. Nombre.	RÉSEAUX à écartement normal. Longueur d'exploitation en km.	RÉSEAUX à écartement réduit. Nombre.	RÉSEAUX à écartement réduit. Longueur d'exploitation en km.	SOMME des réseaux à écartement normal et à écartement réduit. Nombre.	SOMME des réseaux à écartement normal et à écartement réduit. Longueur d'exploitation en km.	REMARQUES.
			A. — Vitesse maximum actuellement en usage.				
km : h 6................	"	"	1	7	1	7	
8................	"	"	3	33	3	33	
10................	2	62	4	86	6	148	
12................	4	348	9	169	13	517	
15................	10	693	10	331	20	1024	
18................	1	35	1	15	2	50	
20................	2	153	"	"	2	153	
25................	"	"	1	10	1	10	
	19	1291	29	651	48	1942	
			B. — La vitesse maximum actuellement employée devrait être portée de :				
12 à 14 km : h.......	"	"	1	60	1	60	
6, 10 et 12 à 15......	2	102	3	24	5	126	
12 à 16............	"	"	1	8	1	8	
15 à 18............	"	"	2	54	2	54	
15 à 20............	1	217	"	"	1	217	
	3	319	7	146	10	465	
			C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum.				
8 km : h...........	"	"	3	33	3	33	
10................	2	62	3	77	5	139	
12................	2	246	6	94	8	340	
15................	9	476	8	276	17	752	
18................	1	35	1	15	2	50	
20................	2	153	"	"	2	153	
25................	"	"	1	10	1	10	
	16	972	22	505	38	1477	
			B + C. — Vitesse maximum préférée.				
8 km : h...........	"	"	3	33	3	33	
10................	2	62	3	77	5	139	10km - 20km. — 44 réseaux d'une longueur d'exploitation de 1899km.
12................	2	246	6	94	8	340	
14................	"	"	1	60	1	60	
15................	11	578	11	300	22	878	
16................	"	"	1	8	1	8	
18................	1	35	3	69	4	104	
20................	3	370	"	"	3	370	
25................	"	"	1	10	1	10	
	19	1291	29	651	48	1942	

mobiles ont développé le goût des voyages rapides et même des vitesses exagérées. »

Dans le rapport présenté au Congrès, M. E. Kraza a cherché surtout à tirer des nombreux renseignements mis à sa disposition les conclusions relatives aux vitesses maximum actuellement en usage et à celles qu'il serait désirable d'utiliser. La chose n'était pas aisée en raison même du nombre considérable d'exploitants ayant répondu au questionnaire et de l'importance très différente de leurs exploitations. Pour y parvenir le rapporteur a classé les réponses aux questions **8**, **10** et **11**, d'abord en deux groupes suivant qu'elles émanaient d'exploitations de chemins de fer d'intérêt local ou d'exploitations de tramways, puis pour chaque groupe en quatre catégories suivant qu'elles se rapportaient à des lignes sur siège spécial, à des lignes sur routes en pleine campagne, à des lignes dans les artères

peu bâties des agglomérations, ou enfin à des lignes dans les artères complètement bâties. Pour chaque catégorie il a dressé un Tableau en quatre parties : la première indique le nombre et la longueur des réseaux où sont actuellement en usage des vitesses maximum comprises entre certaines limites ; la seconde le nombre et la longueur des réseaux qui désireraient adopter des vitesses maximum plus élevées ; la troisième, ceux qui estiment qu'il ne convient pas d'élever cette vitesse ; enfin la quatrième indique les vitesses maximum préférées en même temps que le nombre et l'importance des réseaux qui les préconisent. Ne pouvant reproduire les huit Tableaux ainsi établis par le rapporteur, nous nous bornons à reproduire l'un d'eux à titre d'exemple ; c'est celui qui est relatif aux réseaux de tramways et aux lignes de ces réseaux qui suivent des artères complètement bâties.

Quant aux conclusions qu'il est possible de tirer de ces Tableaux, on les lira dans le rapport de M. Kraza que nous reproduisons ci-dessous presque intégralement.

De la vitesse maximum des trains pour les lignes de chemin de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route, par E. KRASA, ingénieur, inspecteur général des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine, Czernowitz. — Le questionnaire qui a été envoyé aux membres de l'Union internationale par les soins de son secrétariat général, a été répondu par 120 exploitations représentant une longueur d'exploitation de 8690^{km}. De plus, l'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et des Tramways de France s'est également prononcée sur l'état de la question.

Il résulte des renseignements reçus que les vitesses maxima sont, dans les différents pays, déterminées comme suit :

En Italie, par le préfet, après accord des autorités du contrôle des Chemins de fer. Certaines prescriptions légales fixent également les valeurs maxima ;

En France, par le préfet sur l'avis des autorités du contrôle ;

En Belgique, par le ministre des Chemins de fer ;

En Prusse, tantôt par le président de régence (Regierungspräsident), tantôt par le préfet de police, d'accord avec les autorités des Chemins de fer ; dans quelques villes, par les autorités municipales ;

En Bavière, Saxe, duché de Bade et autres États de la Confédération germanique, y compris l'Alsace-Lorraine, par les ministères compétents ;

En Autriche, par le ministère des Chemins de fer ;

En Hongrie, par l'inspection générale des Chemins de fer et de la Navigation ;

En Suisse, par le département fédéral des Chemins de fer ;

En Hollande, par les autorités gouvernementales.

Soit que les conditions spéciales d'exploitation présentent entre elles trop de divergences, soit que la question posée ait été mal interprétée, les renseignements reçus concernant la vitesse moyenne des trains et leur vitesse de démarrage présentent une telle hétérogénéité, qu'il n'est guère aisé d'en tirer des conclusions générales : aussi, convient-il d'étudier spécialement chaque cas intéressant d'après les renseignements donnés par les « Réponses au questionnaire ».

Parmi les exploitations qui se sont prononcées sur les vitesses maxima permises, 61 doivent être considérées comme appartenant à la catégorie des chemins de fer d'intérêt local et 59 à celle des tramways.

Nous étudierons séparément, dans la suite, chacune de ces deux catégories, par suite des grandes divergences qu'elles présentent dans leur mode d'exploitation.

I. CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. — Les 61 exploitations ayant répondu au questionnaire comportent une longueur d'exploitation de 6509^{km} ; parmi ces 61 exploitations, 37 d'une longueur de 2800^{km} sont à écartement normal, et 24 d'une longueur de 3709^{km} sont à écartement réduit.

La très grande majorité des exploitations à écartement réduit comporte l'écartement de 1^{m} ; 3 exploitations seulement présentent l'écartement de 0^{m},95 ; 2 celui de 0^{m},75, et une seule celui de 0^{m},60.

49 exploitations sont à traction à vapeur, 10 à traction électrique et 2 à traction mixte.

3 exploitations seulement servent exclusivement au trafic-voyageurs ; 58 autres sont utilisées pour le trafic-voyageurs et le trafic-marchandises, soit chaque fois par trains spéciaux, soit par trains mixtes.

En ce qui concerne la longueur de freinage, 6 exploitations obtiennent l'arrêt des trains sur 5^{m} à 25^{m} 22 autres sur 25^{m} à 50^{m} ; 5 sur 50^{m} à 75^{m} ; 15 sur 75^{m} à 100^{m} ; et enfin 4 sur 100^{m} à 300^{m}.

Il résulte, des réponses relatives aux vitesses maxima permises pour les lignes sur siège spécial, que, sur 55 exploitations représentant une longueur de 6214^{km}, 33, représentant une longueur de 4804^{km}, sont partisans soit du maintien, soit de l'introduction de vitesses de 30 à 40 km : h ; 10 exploitations, d'une longueur de 770^{km}, voudraient voir les vitesses permises portées à 45 et 60 km : h et 3 même à 70 km : h.

Nous ferons ici remarquer que ce sont surtout des exploitations du nord de l'Italie qui emploient des vitesses de 50 km : h et même au delà ou s'en déclarent partisans, ce qui permet de supposer, à côté des conditions favorables au point de vue du profil des lignes, un trafic-voyageurs très important, ou tout au moins la présence de lignes concurrentes.

Par contre, un grand nombre d'exploitations, surtout des exploitations allemandes, utilisant la vitesse maximum permise, sont d'avis que le profil des lignes et aussi la sécurité du service n'empêcheraient pas une augmentation de vitesse ; elles sont toutes d'accord pour faire remarquer que cette augmentation de vitesse ne pourrait être obtenue que moyennant de fortes dépenses pour la consolidation de la voie, l'amélioration des dispositifs de freinage et une augmentation du personnel (serre-freins) ; que cependant cette augmentation de dépenses ne justifierait nullement les avantages

économiques qui résulteraient de cette augmentation de vitesse.

D'autres exploitations font remarquer, dans leurs réponses, qu'une augmentation de vitesse implique, toutes choses égales d'ailleurs, un poids moindre du train et une plus grande consommation en combustible.

La Société nationale des Chemins de fer vicinaux de Belgique, qui exploite 128 lignes d'une longueur totale d'environ 2800^{km}, est d'avis que, grâce à un matériel roulant en bon état et une voie bien entretenue, les trains vicinaux pourraient, sans inconvénient et sans danger, atteindre une vitesse de 40 à 45 km : h sur les parties en plate-forme indépendante; que cependant la prudence conseille de ne pas marcher à ces vitesses trop élevées, à raison des obstacles qui pourraient surgir sur une voie non clôturée et dans le cas où le matériel ne serait pas armé d'un frein continu.

Cette manière de voir est également celle des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine. Ce réseau comporte une longueur d'exploitation de 211^{km}; le trafic-voyageurs y présente, au point de vue de la recette, 18 pour 100 de la recette totale et le trafic-marchandises les 82 pour 100 restants. L'exploitation, qui était obtenue jusqu'ici principalement par des trains mixtes marchant à la vitesse maximum de 25 à 30 km : h, assurait, d'une façon très économique, la totalité du trafic-voyageurs et aussi la plus grande partie du trafic-marchandises; le freinage était obtenu par le seul frein à main. Depuis cette année, la ligne principale de ce réseau, ligne qui présente des pentes allant jusqu'à 27 pour 1000 et des courbes descendant jusqu'à un rayon de 200^{m}, comporte des trains de voyageurs marchant à la vitesse de 40 km : h. Cette plus grande vitesse occasionna, à côté de l'installation de freins continus, une augmentation très sensible dans les dépenses d'entretien de la voie et du matériel roulant, ainsi qu'une consommation plus élevée en combustible. Ces dépenses ne sont nullement en rapport avec l'augmentation du trafic-voyageurs qui devait résulter des vitesses plus élevées; aussi, la mesure prise par cette Compagnie ne se justifie-t-elle pas au point de vue économique.

Il est d'ailleurs probable que les mêmes observations pourront être faites sur toutes les lignes dont le trafic principal est, en grande partie, le trafic-marchandises.

Nous ferons encore remarquer que la majorité des exploitations à écartement réduit se déclarent partisans d'une vitesse maximum comprise entre 25 et 30 km : h.

En Italie, la loi sur les chemins de fer d'intérêt local n'autorise des vitesses supérieures à 30 km : h que si les trains comportent des freins continus.

Le projet de loi suisse prévoit une vitesse maximum de 40 km : h sur siège de voie spécial, pour autant que les trains soient freinés par freins continus.

Dans les autres Etats également, les vitesses supérieurs à 30 km : h ne sont autorisées que moyennant l'installation préalable de freins continus.

En ce qui concerne les vitesses maxima sur route en pleine campagne, sur 33 exploitations, d'une longueur totale d'exploitation de 2352^{km}, 18 comportant 1777^{km} d'exploitation sont partisans d'une vitesse comprise entre 30 et 35 km : h; la plupart des autres restent en dessous de 30 km : h; une seule considère la vitesse de 40 km : h comme pouvant encore être tolérée.

Quant aux vitesses maxima sur route dans les parties peu bâties des agglomérations, sur 24 exploitations d'une longueur totale d'exploitation de 1967^{km}, la majorité, soit 18 exploitations correspondant à 1383^{km}, sont partisans d'une vitesse maximum comprise entre 15 et 20 km : h; 3 exploitations seulement se prononcent en faveur d'une vitesse plus grande.

Enfin, pour les vitesses maxima sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations, sur 23 exploitations comportant un réseau total de 4541^{km}, 19 correspondant à 3966^{km} se prononcent en faveur d'une vitesse maximum comprise entre 10 et 15 km : h; une seule exploitation est partisan d'une vitesse supérieure à 20^{km}.

II. Tramways. — 59 exploitations de tramways, représentant une longueur d'exploitation de 2181^{km}, ont également répondu au questionnaire. De ces 59 exploitations, 27 correspondant à 1391^{km} sont à écartement normal et 32 correspondant à 790^{km}, à écartement réduit.

Les exploitations à écartement réduit ont pour la plupart l'écartement de 1^{m}; deux exploitations seulement comportent un écartement de 95^{cm}.

46 exploitations servent exclusivement au trafic-voyageurs, 9 au trafic-voyageurs et marchandises par trains séparés et 4 au trafic-voyageurs et marchandises par trains mixtes.

50 exploitations sont à traction à vapeur, 4 à traction à vapeur et enfin 5 exploitations possèdent la traction électrique pour le trafic-voyageurs et la traction à vapeur pour le trafic-marchandises.

L'arrêt des trains ou voitures s'opère pour 4 exploitations sur 5^{m}, pour 12 sur des longueurs entre 5^{m} et 10^{m}; pour 8 sur des longueurs entre 10^{m} et 15^{m}; pour 11 sur des longueurs entre 15^{m} et 20^{m}; pour 6 sur des longueurs entre 20^{m} et 30^{m}, et enfin pour 11 sur des longueurs supérieures à 30^{m}.

Pour les vitesses maxima sur siège spécial, sur 23 exploitations représentant une exploitation totale de 1265^{km}, 15 correspondant à 1025^{km} se prononcent en faveur d'une vitesse maximum comprise entre 30 et 40 km : h; deux exploitations seulement, à écartement normal, admettent des vitesses plus grandes, allant jusqu'à 50 km : h.

Il résulte des réponses aux vitesses maxima sur route en pleine campagne que, sur 40 exploitations comportant un réseau total de 1742^{km}, 25 correspondant à 1216^{km} sont partisans d'une vitesse maximum de 25^{km} à 30^{km}; seules deux exploitations se prononcent en faveur d'une vitesse supérieure. Par contre, 12 exploitations considèrent une vitesse maximum comprise entre 18^{km} et 22^{km} comme suffisante.

En ce qui concerne les vitesse maxima sur route dans les artères peu bâties des agglomérations, sur 45 exploitations représentant une longueur d'exploitation totale de 1832^{km}, 36 correspondant à 1421^{km} se déclarent partisans d'une vitesse maximum comprise entre 15

et 20 km : h ; 15 de ces exploitations donnent la préférence à la vitesse de 15 km : h, et 16 à la vitesse de 20 km : h ; enfin, 5 exploitations préconisent une vitesse de 25 km : h et 2 de 30 km : h.

Pour les vitesses maxima dans les artères complètement bâties des agglomérations : sur 48 exploitations représentant un réseau totale de 1942^{km}, 44 correspondant à 1899^{km} sont partisans de vitesses comprises entre 10 et 20 k : m ; près de la moitié de ces exploitations considèrent la vitesse de 15 km : h comme étant la plus favorable.

Plusieurs exploitations se prononcent, en motivant leur avis, contre les vitesses trop réduites, même dans les artères complètement bâties des agglomérations.

La Grande Société des Tramways de Berlin (*Grosse Berliner Strassenbahn*) fait remarquer que, dans certaines rues à circulation très intense, la vitesse normale n'est que de 10 à 11 km : h ; il s'ensuit que les voitures du tramway sont souvent dépassées par les véhicules ordinaires marchant au petit trot et encombrent inutilement la chaussée. Aussi, les autorités du contrôle ont-elles permis, pour certaines rues, de porter la vitesse à 12 km : h. Dans les rues à circulation moins intense, les voitures marchent à la vitesse de 12 à 16 km : h ; dans les faubourgs et localités suburbaines, à la vitesse de 16 à 20 km : h. Les Tramways de Berlin ajoutent qu'il y aurait danger pour la circulation générale des rues à augmenter encore ces vitesses.

L'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et des Tramways de France est également adversaire d'une vitesse trop modérée pour les tramways, car, d'après elle, une vitesse trop modérée favorise l'inattention du public; au contraire, dès que celui-ci verra la vitesse augmentée, il aura l'impression du danger et se garera plus vite et mieux; le nombre des accidents ainsi diminuera.

Un grand nombre d'exploitations estiment qu'une augmentation de la vitesse dans les exploitations de tramways serait très possible, si l'on avait soin de réglementer la circulation charretière des rues et surtout si l'on faisait en sorte que cette réglementation fût convenablement exercée.

Conclusions. — En résumé, des renseignements qui nous ont été fournis par les exploitations de chemins de fer vicinaux et d'intérêt local, il résulte qu'en général la plus grande vitesse permise pourrait être :

a. Sur siège spécial, 30 à 40 km : h ; lorsque ces lignes ont un trafic-voyageurs intense et que les conditions d'exploitation sont favorables, cette vitesse maximum pourrait être portée à 50 km : h ;

b. Sur une route en pleine campagne : 30 à 35 km : h ;

c. Sur route dans les artères peu bâties des agglomérations : 15 à 20 km : h ;

d. Sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations : 10 à 15 km : h.

La vitesse maximum indiquée en (*a*) est généralement motivée par des considérations économiques qui, dans de nombreux cas, donnent à cette vitesse maximum une limite inférieure à celle imposée par la sécurité du service. En ce qui concerne les vitesses maxima indiquées en (*b*), (*c*) et (*d*), celles-ci s'expliquent par la sécurité à accorder à la circulation générale des rues.

Les exploitations de tramways se prononcent, en général, pour les vitesses maxima suivantes :

a. Sur siège spécial : 30 à 40 km : h ;

b. Sur route en pleine campagne : 25 à 30 km : h ;

c. Sur route dans les artères peu bâties des agglomérations : 15 à 20 km : h ;

d. Sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations : 10 à 20 km : h.

Comme le montrent les Tableaux que nous avons établis, les vitesses maxima que nous venons d'indiquer correspondent aux besoins de la majorité des exploitations de tramways ou de chemins de fer d'intérêt local, que ces exploitations soient à écartement normal ou à écartement réduit.

De même, il ne peut être constaté de grandes divergences, toujours au point de vue des vitesses maxima autorisées, entre les exploitations à traction à vapeur et celles à traction électrique.

En général, les exploitations de tramways ne voient aucun avantage à élever les vitesses indiquées en (*a*) et (*b*); par contre, nombreuses sont les exploitations qui estiment que la vitesse pourrait être plus élevée dans les agglomérations, exception faite toutefois lors du passage de rues étroites et à forte circulation, de fortes pentes et courbes, etc. Cette élévation de vitesse impliquerait cependant une plus grande attention de la part du public et surtout une réglementation plus sévère de la circulation charretière.

Comme les exploitations de tramways ne sont presque exclusivement utilisées que pour le trafic-voyageurs, leur désir de pouvoir rouler à une vitesse plus accélérée semble d'ailleurs parfaitement compréhensible, car toute augmentation de vitesse à l'intérieur des agglomérations sert les intérêts, non seulement de l'exploitant, mais aussi ceux du public.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

RADIOACTIVITÉ.

L'origine, la longévité et la descendance du radium. — I. Une discussion qui s'est prolongée près d'un mois dans les colonnes du *Times* (août-septembre 1906), discussion soulevée par une lettre de lord Kelvin, a eu pour principale conséquence d'établir qu'il était désormais impossible de contester que les corps radioactifs sont le siège de modifications continues et de décompositions dont un produit certain est l'hélium. L'hypothèse, envisagée par Curie et Mme Curie dès le début de leurs recherches, exposée par Mme Curie en 1900 dans une conférence faite devant la Société des Amis des Sciences, adoptée sans réserve et largement développée par Rutherford, s'impose définitivement à tous les esprits. Mais que de questions ne soulève-t-elle pas : D'où vient le radium ? Combien de temps dure-t-il ? Que devient-il ? D'ingénieuses hypothèses, l'étude d'un grand nombre de transformations successives des produits du radium, des constatations intéressantes sur la composition des minéraux radifères fournissent à ces questions des réponses plausibles, que nous allons exposer [1].

[1] Rappelons d'abord quelques faits généraux : La quantité de tout corps radioactif tend à décroître spontanément, la perte en un temps donné étant toujours une même fraction de la masse actuelle. Si le corps radioactif a été isolé de ses ascendants et si l'on enlève progressivement les corps qu'il engendre, la radioactivité est une fonction exponentielle décroissante du temps $e^{-\lambda t}$. L'inverse du coefficient de t dans l'exposant est une caractéristique de chaque substance; on peut l'appeler la *vie moyenne* de la substance ; c'est en effet la valeur de l'intégrale $\int_0^\infty m\,dt$ dans laquelle m représenterait la fraction de la quantité 1 de substance qui subsisterait après le temps t. On donne aussi comme caractérisant chaque substance radioactive le temps que la moitié d'une quantité met à disparaître ; cette seconde quantité, que nous appellerons, avec Curie, *constante de temps*, est le produit de $\frac{1}{\lambda}$ par Log 2.

La quantité d'un corps radioactif varie suivant une loi différente si son ascendant direct n'est pas supprimé et continue à se transformer. De même, si l'on n'enlève pas au fur et à mesure de leur production les corps engendrés, la radioactivité totale est, en fonction du temps, non pas une exponentielle, mais une somme d'exponentielles présentant chacune les constantes caractéristiques des divers corps et affectées de coefficients variables suivant les conditions où l'on opère. Ces fonctions plus complexes ont été résolues, avec beaucoup de sagacité, en leurs éléments.

Enfin la radioactivité consiste dans l'émission de particules du rayon qui peuvent avoir des charges positives (rayons α) ou négatives (rayons β) ou n'être pas chargées (rayons γ). Rutherford a étudié spécialement les rayons α auxquels il attribue une importance toute particulière.

II. *Origine du radium.* — Rutherford et Soddy pensent que le radium est un produit de transformation de l'uranium.

Cette opinion paraît presque rigoureusement démontrée par l'analyse des minéraux uranifères. La vie du radium étant certainement beaucoup plus courte que celle de l'uranium, il doit s'établir, au bout de quelques milliers d'années, un équilibre entre la décomposition et la production du radium ou, plus exactement, le rapport des masses de l'uranium et du radium contenues dans un même minéral doit s'approcher d'une valeur constante. Boltwood a analysé chimiquement 21 minéraux d'origine européenne ou américaine, en même temps qu'il dosait le radium par l'émanation. Les teneurs en uranium variant de 74,65 à 0,3 pour 100, le rapport de l'uranium au radium est resté, pour 16 minéraux, proportionnel à des nombres compris entre 220 et 228 ; pour les 5 autres, les valeurs extrêmes atteignent 207 et 245. D'après les dernières expériences de Rutherford et Boltwood, dans lesquelles est corrigée une erreur due à l'attaque, d'abord insoupçonnée, du verre par la solution de bromure de radium non acide qui servait d'étalon, la proportion serait de $3,8.10^{-7}$ gramme de radium pour 1g d'uranium. Il est à noter particulièrement que, dans certaines monazites où l'on constatait la présence du radium sans avoir vu d'abord l'uranium, on a dû reconnaître que cette absence apparente tenait à la présence de phosphates, qui mettaient en défaut les procédés ordinaires d'analyse [1].

De nouvelles expériences de Boltwood ont montré, conformément à ce qu'on pouvait conclure des recherches de Mc Coy, que l'actinium existe aussi en quantités proportionnelles à celles de l'uranium. Comme nous n'avons aucune raison, ainsi qu'il apparaîtra plus loin, de supposer que l'actinium soit un descendant du radium, nous devons le considérer comme un ascendant et par suite un intermédiaire entre l'uranium et le radium.

Soddy a cru vérifier l'apparition progressive du radium dans une solution d'uranium. Ses expériences ont été critiquées par Boltwood, que des esssais analogues avaient conduit à un résultat négatif. Il n'y a rien là qui puisse nous étonner, dans l'ignorance où nous sommes du nombre de

[1] L'absence d'uranium peut cependant être réelle, le radium pouvant être dissous et entraîné par des eaux d'où il se précipite en un autre lieu. Tel est le cas du minéral non uranifère découvert par M. Danne.



transformations qui conduisent de l'uranium au radium et de la vie de chacun des intermédiaires. Ce que nous savons, c'est que l'uranium engendre, en émettant des particules α, l'uranium X qui se transforme à son tour, après émission de particules β et γ, en un produit non encore étudié, ancêtre, comme nous venons de le voir, de l'actinium. Quand à son tour l'actinium a été engendré, il est la souche de l'arbre généalogique qui suit :

	Durée de la moitié d'une quantité donnée.	Rayons émis.	Propriétés.
Actinium...	?	»	Insoluble dans l'ammoniaque.
Actinium X.	10,2 jours	α (β et γ?)	Soluble dans l'ammoniaque.
Émanation..	3,9 sec.	α	Aériforme.
Actinium A.	35,7 min.	»	Soluble dans l'ammoniaque et les acides forts. Volatils à 100°. A peut être séparé de B par électrolyse ou par volatilisation.
Actinium B.	1,5 min.	α, β, γ	

Ici comme ailleurs l'émission de rayons β annonce la genèse d'un corps inactif de vie très longue. La chaîne qui joint l'uranium au radium est pour nous interrompue en deux points.

III. *Descendance du radium*. — La longévité des premiers descendants du radium, leurs propriétés les plus importantes et la nature des rayons auxquels ils donnent naissance en se transformant sont réunis dans le Tableau suivant :

	Constante de temps.	Rayons émis.	Propriétés.
Émanation..	3,8 jours	α	Gaz chimiquement inerte, condensé à — 150° C.
Radium A..	3 min.	α	Se comportent comme des solides; adhèrent à la surface des corps; se concentrent sur la cathode dans un champ électrique. Solubles dans les acides forts; volatils au rouge blanc. B est le plus volatil.
Radium B..	26 min.	β	
Radium C..	19 min.	α, β, γ	

Il est à noter que nos connaissances relatives aux radiums B et C ont été légèrement modifiées, depuis l'époque de leur découverte par Curie, Danne et Rutherford, par les expériences de Schmidt et de Bronson; on a reconnu que le radium B, qui avait paru d'abord inactif, émet des rayons β, moins pénétrants que ceux de C. L'étude des rayons α avait déjà conduit à rectifier les valeurs de la longévité de B et de C; l'existence des rayons β de B explique la légère erreur commise d'abord. De même il semble établi que, contrairement à ce qu'avait cru Curie, la constante de temps des divers radiums n'est pas modifiée par le chauffage à des températures comprises entre 700° et 1100°. Ainsi disparaît la seule variation qu'on ait cru constater dans cette constante caractéristique. Les expériences de v. Lerch confirment ces résultats en séparant complètement le radium B du radium C. Le second se précipite des dissolutions sur le cuivre et le nickel; il se dépose sur une cathode de platine sous l'influence d'un courant de faible densité. Si on ajoute à une solution chlorhydrique de l'azotate de baryum, qu'on précipite par SO^4H^2, le radium B est entraîné par le baryum et le radium C reste dans la liqueur.

Rutherford a découvert que la descendance du radium comprend encore au moins trois termes :

Radium D..	40 ans env.	Pas de rayons	Soluble dans les acides forts et volatil au-dessous de 1000°.
Radium E..	6 jours	β	Non volatil à 1000°.
Radium F..	143 jours	α	Volatil à 1000° ; se dépose de ses solutions sur une lame de bismuth.

La période de 40 ans du radium D est trop longue pour se déduire de l'analyse des courbes de radioactivité ; Rutherford l'a calculée en partant d'hypothèses sur les rayons β émis par les radiums C et E.

Les produits D, E, F présentent le grand intérêt de pouvoir être, au moins en partie, identifiés avec des corps radioactifs extraits de la pechblende. Pour ne parler ici que du radium F, sa période est exactement la même que celle que Marckwald a trouvée pour le corps qu'il a appelé *radiotellure* et que Mme Curie a montré être identique au polonium. La vitesse des rayons α est également la même pour tous les deux. Le polonium, découvert d'abord, est donc un descendant du radium et par suite de l'uranium; les expériences déjà citées de Boltwood ont montré qu'outre l'actinium, les minéraux radifères qui ne laissent pas échapper l'émanation du radium renferment du polonium en quantité proportionnelle à l'uranium.

IV. *Longévité du radium*. — Rutherford a calculé la longévité du radium en s'appuyant sur des faits et en admettant des hypothèses qu'il est utile de préciser.

Les faits sont les suivants :

1° Un gramme de radium émet, par seconde, des particules ou rayons α portant une quantité d'électricité positive égale à $7 \cdot 10^{-9}$ coulomb.

Ce nombre n'a pas été écrit par M. Rutherford, qui a traduit les résultats de ses mesures en disant qu'un gramme de radium émet par seconde

$6,2.10^{10}$ particules α, ce nombre étant déduit de l'hypothèse, un peu arbitraire, que chaque particule portait la charge d'un ion, soit $1,13.10^{-19}$ coulomb;

2° Les particules α portent environ 5.10^4 coulombs par gramme, soit à peu près moitié moins que l'hydrogène dans l'électrolyse.

Il résulte de ces deux faits que la masse des particules α émises en une seconde par un gramme de radium est $\frac{7.10^{-9}}{5.10^4}$ ou $1,4.10^{-13}$ gramme.

Voici maintenant les hypothèses, que je rappelle seulement pour énumérer celles qui sont nécessaires:

1° Le radium perd en une seconde une fraction déterminée de sa masse actuelle. Cette perte résulte de la désagrégation d'un certain nombre d'atomes;

2° Dans cette désagrégation, chaque atome émet une particule α;

3° La particule α est un atome d'hélium.

Le poids atomique du radium étant 225 et celui de l'hélium 4, 1^g de radium perd en une seconde $\frac{1,4.10^{-13}.225}{4}$ ou approximativement 8.10^{-12}, soit en un an $2,5.10^{-4}$ gramme. La vie moyenne du radium, dans ces hypothèses, serait de 4000 ans.

Le dernier nombre donné par M. Rutherford est 3600 ans. La différence tient à ce que le calcul de l'auteur, basé sur la considération de la charge absolue des particules, est assez compliqué et que certains nombres ont été arrondis au cours des opérations. Si l'on suit exactement la même marche que M. Rutherford, mais sans effectuer progressivement les calculs, on arrive à une expression qui, en se simplifiant, se réduit à celle que nous avons donnée plus haut.

V. *Produit ultime des transformations du radium.* — Le radium F disparaît sans engendrer de produit radioactif. On doit donc chercher parmi les éléments ordinaires celui auquel il donne naissance.

Rutherford admet que, pour le radium comme pour tous ses descendants, l'émission d'une particule α abaisse le poids atomique d'une même quantité 4; les cinq émissions observées abaisseraient le poids atomique du radium de 225 à 205 environ. L'étude du polonium confirme cette hypothèse : Marckwald a montré que, dans le tableau périodique des éléments, le polonium (radio-tellure) est au tellure dans le même rapport que le radium est au baryum, ce qui le place au voisinage du plomb et lui assigne comme poids atomique probable 212. Le calcul de Rutherford conduirait à 209.

Des deux métaux dont le poids atomique est voisin de 205, le bismuth (208,5) et le plomb (206,1), Rutherford pense que le second est le produit ultime de la transformation du radium. S'il en est ainsi, le plomb doit se trouver, comme le radium, dans les minéraux uranifères. C'est bien ce que confirme l'analyse : le plomb apparaît presque toujours et, dans bien des cas, où il est impossible de supposer qu'il ait été emprunté à d'autres minéraux. Boltwood constate une exception pour une uranophane que, géologiquement, on devait s'attendre à considérer comme le moins âgé des minéraux qu'il a étudiés et dans laquelle, par conséquent, on ne doit pas s'étonner que la transformation de l'uranium, qui exige un grand nombre de siècles, ne soit pas encore effectuée.

La transformation de radium en plomb n'a pas encore, bien entendu, été l'objet d'expériences de laboratoire. Mais, si l'on se rappelle que Marckwald a donné le moyen de préparer sur une grande échelle le polonium, qui est identifié au radium F et dont la vie est courte, on peut dire, avec Soddy, que « l'identification expérimentale du produit ultime ne semble plus être maintenant qu'une question d'argent ».

VI. Si l'on a un jour la preuve des hypothèses développées ici ; s'il est établi que le radium ainsi que l'actinium sont des intermédiaires entre l'uranium et le plomb, il restera encore à savoir d'où vient l'uranium. Une autre question s'est également posée : les corps radioactifs résultant d'une décomposition, peut-on en faire la synthèse? M. Villard a obtenu un corps *photographiquement* actif en soumettant du bismuth à un bombardement cathodique prolongé. Si l'on se rappelle que le polonium émet uniquement des rayons α, on pensera qu'il y aurait peut-être plus de chances de l'obtenir en essayant de faire absorber à du bismuth ou à du plomb des rayons de Goldstein, dans un tube à hélium.

C. Raveau.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Radiations, électricité, ionisation, applications de l'électricité, instruments divers, par E. BOUTY, professeur à la Faculté des Sciences de Paris. 1 vol., $23^{cm} \times 16^{cm}$, de VI-420 pages, avec 104 figures. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché : 8^{fr}.

Il est aujourd'hui devenu impossible, en raison des progrès incessants de la Science, de maintenir constamment au courant de ce progrès un Ouvrage d'ensemble de l'importance du *Cours de Physique* de Jamin et Bouty, sans y apporter de profondes modifications qui imposeraient de fréquentes éditions. Pour remédier aux inconvénients qui en résultent, M. Bouty a pris le parti de compléter la dernière édition de ce volumineux Ouvrage par la publication de *Suppléments* faisant connaître les découvertes réalisées dans chacune des branches de la Physique depuis l'année où cette édition a paru. Au point de vue didactique, le procédé n'est pas sans défaut; mais, pour ceux qui savent les éléments de la Science et dont l'unique souci est de se maintenir au courant de ses progrès, il présente le grand avantage de leur permettre de reviser rapidement les derniers progrès accomplis sans avoir besoin d'effectuer des recherches fastidieuses.

Aussi croyons-nous devoir attirer particulièrement l'attention de nos lecteurs sur le troisième de ces Suppléments, publié il y a quelques mois et consacré entièrement à l'électricité ou à des sujets connexes comme l'ionisation, l'émission de radiations. Toutes les théories nouvelles et découvertes récentes concernant les sujets les plus à l'ordre du jour s'y trouvent exposées, d'une part avec la concision qui empêche le lecteur de se perdre dans les détails, d'autre part avec l'enchaînement logique qui caractérise la méthode pédagogique et soulage la mémoire. Et, bien que dans cet exposé les recherches de science pure prédominent comme il convient dans un traité de Physique, nous n'hésitons pas à en recommander la lecture aux ingénieurs électriciens, persuadé qu'ils y trouveront des sujets d'études pouvant conduire à des applications pratiques. J. B.

État actuel des Industries électriques — Conférences faites sous les auspices de la Société française de Physique et de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, IV-214 pages, 78 figures. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché : 5^{fr}.

Nos lecteurs se souviennent, sans doute, de la série de conférences instituées en 1905 par la Société de Physique et la Société d'encouragement en vue de faire connaître aux professeurs les desiderata des industriels et de réaliser ainsi une alliance plus intime de la Science et de l'Industrie. Ce sont ces conférences qui ont été réunies dans l'Ouvrage qui nous occupe.

Le compte rendu de ces conférences ayant été donné dans ces colonnes, rappelons seulement les noms des conférenciers : MM. P. Janet, Chaumat, Picou, Hillairet, Jumau, Boucherot, P. Weiss et G. de la Touanne, noms trop connus pour qu'il soit ici nécessaire d'insister sur l'intérêt de l'Ouvrage. Disons seulement que, si ces conférences ont été faites principalement en vue d'un auditoire de professeurs, leur lecture n'en sera pas moins intéressante pour les ingénieurs électriciens.

Règles normales de l'Association des électriciens allemands pour la comparaison et l'essai des machines et transformateurs électriques, suivies de commentaires, par G. DETTMAR, traduit de l'allemand par F. LOPPÉ et A. THOUVENOT, ingénieurs. Une brochure format $19^{cm} \times 13^{cm}$, de 72 pages. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : 2^{fr},50.

Beaucoup d'électriciens se souviennent sans doute qu'il y a quelques années la Verband deutscher Electrotechniker a discuté avec le plus grand soin les stipulations qu'il convient normalement de faire figurer dans la rédaction des cahiers des charges relatifs aux machines et transformateurs électriques. Cette discussion a conduit à la recommandation de certaines prescriptions, dites *règles normales,* qui sont considérées comme implicitement imposées dant tout cahier des charges à défaut de stipulations contraires formellement exprimées.

En raison du soin avec lequel elles ont été rédigées, ces règles sont aujourd'hui souvent adoptées en dehors de l'Allemagne. MM. Loppé et Thouvenot ont donc été bien inspirés en donnant une traduction française de ces règles ainsi que des commentaires qu'a publiés M. Dettmar au moment de leur adoption par l'Association des électriciens allemands.

Les tremblements de terre, leur origine possible, les tremblements de terre au Pérou, par EMILE GUARINI. Brochure format $24^{cm} \times 16^{cm}$, 26 pages, H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : 2^{fr}.

L'ozone, par EMILE GUARINI. Brochure format $24^{cm} \times 16^{cm}$, 24 pages. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : 2^{fr}.

La notoriété acquise par l'auteur tant par ses nombreuses publications sur des sujets variés que par ses fréquents articles dans les journaux techniques du monde entier, nous permet de ne pas insister sur ces deux nouveaux opuscules.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Société des forces motrices d'Auvergne. — A l'Assemblée générale ordinaire du 7 juin, le Conseil d'administration a déposé son rapport sur l'exercice 1905; en voici un extrait :

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

L'ouverture de l'exploitation ayant eu lieu tout à fait à la fin de l'année 1903, l'exercice dont nous avons à vous rendre compte représente en réalité la deuxième année d'exploitation de votre Société.

Le compte de l'exercice 1905 se balance par un solde créditeur de 15051fr,38 qui représente l'excédent des recettes de toutes natures effectuées par votre Société sur les dépenses de toutes sortes de l'exercice, comprenant les frais d'exploitation et d'entretien, les frais généraux et judiciaires, ainsi que les charges financières, comme il résulte du Tableau suivant :

Recettes de l'exploitation, bénéfices sur installations, agios, escomptes		fr 247427,11
En augmentation de 71595fr,19 sur les recettes de 1904.		
Frais d'exploitation et d'entretien	fr 116738,58	
La différence entre ces deux chiffres fait apparaître un bénéfice d'exploitation de 130688fr,53.		
Frais généraux	36997,85	
Frais judiciaires	8666,40	
Les bénéfices bruts ressortent ainsi à 85024fr,28.		
Charges financières	69972,90	
Les charges financières afférentes à l'exercice comprennent d'une part le service en intérêts de la dette obligataire, qui s'est élevée à 42750fr; elles sont constituées d'autre part par les intérêts qui ont dû être payés sur les avances en compte courant consenties à la Société pour lui permettre de faire face aux dépenses occasionnées par le développement de ses affaires, soit 27222fr,90.		
Bénéfices nets de l'exercice 1905.	15051,38	
Total égal......	247427,11	247427,11
Vous avez décidé, à votre dernière assemblée, de reporter à nouveau le solde débiteur du compte de Profits et Pertes de l'exercice 1904 s'élevant à la somme de 32178fr,06, de ce fait le compte de Profits et Pertes au 31 décembre 1905 se traduira par un solde débiteur de	17126,68	
si vous adoptez la résolution, que nous vous proposons, d'inscrire le bénéfice de l'exercice 1905 en diminution du solde débiteur du compte de Profits et Pertes.		

SITUATION FINANCIÈRE.

Le montant des dépenses et engagements s'élève au 31 décembre 1905 à la somme de	fr 4526654,28	
présentant sur celui de l'exercice précédent une augmentation de...		fr 538357,62
Chiffre justifié par l'étude des chapitres suivants de l'actif du bilan :		
Apports payés en espèces.......	135000 »	
Sans changement.		
Prime de remboursement des obligations......................	50000 »	
En augmentation de...........		3000 »
représentant la différence entre le taux d'émission et le taux de remboursement du solde des obligations créées dont le placement a été achevé pendant l'exercice.		
Frais de constitution et d'émission	139408,40	
En augmentation de...........		54020 »
justifié par le règlement des frais et dépenses incombant à l'augmentation du capital par la création de 10000 actions de priorité et le placement des dernières obligations, ainsi que l'inscription de ces dernières à la cote des valeurs en banque au comptant.		
Études et projets divers........	12650,74	
En augmentation de...........		2251,44
par suite des essais faits sur des fours électriques et sur les appareils à émoudre.		
Compte de premier établissement 4157417fr,08.		
Les dépenses qui ont été imputées à ce compte présentent, sur les chapitres correspondants du dernier bilan, une augmentation de 622557fr,64.		
Ce compte et les augmentations correspondantes se présentent en détail comme suit :		
Bâtiments et aménagement de chute	1766757,80	
en augmentation de.............		99450,26
par suite de la construction d'une chaufferie, d'une salle des transformateurs et de l'installation de la machine à vapeur.		
Appareillage hydro-électrique et mécanique	516685,65	
Sans changement.		
Groupe de Secours............	119342,15	119342,15
Ce chapitre qui ne figurait pas au bilan du précédent exercice s'applique aux dépenses auxquelles a donné lieu l'aménagement du groupe-vapeur d'une puissance maximum de 1250 HP.		

Réseaux primaires et secondaires.	fr 1 229 336,09	
en augmentation de..............		fr 403 765,23
comprenant : la création de la ligne de Vichy, les augmentations tant en primaires qu'en secondaires et l'installation de nouveaux transformateurs à l'usine.		
Solde débiteur des comptes Profits et Pertes des exercices 1902 et 1903.	119 606,08	
conformément à la résolution votée à l'Assemblée générale du 18 juin 1904.		
Acquisition de Terrains et Immeubles..........................	369 033,85	
en augmentation de..............		1 123,30
par suite de règlement de compte d'acquisitions de terrains.		
Mobilier, Outillage, Agencement.	37 255,46	
en augmentation de..............		5 026,94
en raison de l'achat d'un complément d'outillage nécessaire au service de l'exploitation.		
Solde débiteur du compte de Profits et Pertes de l'exercice 1904...	32 178,06	

Travaux en cours.

Ce compte, qui s'élevait à......		149 621,70
et qui représentait les dépenses engagées à la date du 31 décembre 1904 dans l'installation de la ligne de Vichy et l'établissement du groupe de secours-vapeur, a été ventilé au compte de premier établissement dans les chapitres « Réseaux » et « Installations groupe de secours »; cette somme vient donc en diminution des augmentations de l'exercice puisque cette dépense était déjà engagée l'année dernière.		
Total égal......	4 526 654,28	538 357,62

Les disponibilités se montent au 31 décembre 1905 au chiffre de...		248 111,82
Dont suit le détail :		
Actionnaires....................	2 500 »	
somme à recouvrer sur la première émission du capital.		
Loyer d'avance et cautionnement.	1 880,50	
Caisses et Banques.........	13 838,40	
Créances exigibles..............	84 433,95	
montant des factures pour vente de courant ou installations particulières dues et non encaissées au 31 décembre 1905.		
Créances à terme...............	106 903,60	
Ce chiffre comprend le solde du compte installations particulières dues postérieurement au 31 décembre 1905 et par paiements échelonnés et en outre une somme de 73 865fr,40 montant de la fourniture faite à la Compagnie du gaz de Clermont-Ferrand.		
Installations en location.........	2 483,74	
Marchandises en magasin........	36 071,63	
représentant le montant des approvisionnements en matériel divers à utiliser dans les installations particulières.		
Total égal.....	248 111,82	248 111,82

Les exigibilités se montent au 31 décembre 1905 au chiffre de....		fr 759 714,72
comprenant :		
Sommes dues aux entrepreneurs..	fr 95 748,26	
Compte courant en banque........	451 085,51	
Sommes dues à divers fournisseurs.	31 799,85	
Effets à payer....................	179 000 »	
Coupons restant à payer sur obligations.........................	2 081,10	
Total égal.....	759 714,72	
Au 31 décembre 1905, les exigibilités l'emportent donc sur les disponibilités de................		511 602,90
La différence entre cette somme et le montant des dépenses et engagements..................		4 526 654,28
correspond bien :		
au bénéfice de l'exercice..........	15 051,38	
au capital actions................	3 000 000 »	
au capital obligations.	1 000 000 »	
	4 015 051,38	4 015 051,38

Quant aux accroissements totaux de notre exploitation, le Tableau ci-dessous vous indiquera la progression des polices lumière et force souscrites dans le courant de l'exercice 1905.

	LUMIÈRE		FORCE MOTRICE	
	Nombre d'abonnés.	Nombre de lampes de 10 bougies.	Nombre d'abonnés.	Nombre de chevaux.
Au 31 décembre 1904	402	5180	158	2210,5
Au 31 décembre 1905	580	6908	205	2345 »

Pour le premier trimestre de 1906, les ventes de courant pour force et lumière se sont élevées environ à 70 000fr contre 53 000fr dans le trimestre correspondant de 1905; elles sont par conséquent en progression suffisante, pour vous faire bien augurer des recettes de l'exercice en cours et de l'avenir de votre Société.

BILAN AU 21 DÉCEMBRE 1905.

Actif.

§ I. — *Engagements sociaux.*

Actionnaires......................		fr 2 500 »

§ II. — *Comptes d'ordre et divers.*

Apports payés en espèces.........	fr 135 000 »	
Prime de remboursement des obligations........................	50 000 »	
Frais de constitution et d'émissions.	139 408,40	
Études et projets divers..........	12 650,74	337 059,14

§ III. — *Immobilisations.*

Capital de premier établissement :

Bâtiments et aménagements de chutes.	fr 1 766 757,80
Réseaux............	1 229 336,09

Installations hydro-électriques et mécaniques...........	fr 516685,65		
Installation Groupe de Secours............	119342,15		
Soldes des comptes profits et pertes, exercices 1902-1903.	119006,08	fr 3751127,77	
Acquisitions de terrains et immeubles........................		369033,85	
Ouillage, mobilier et agencement.		37255,46	fr 4157417,08

§ IV. — *Actif réalisable.*

Loyer d'avance et cautionnement.		1880,50	
Caisses et banquiers..............		13838,40	
Débiteurs divers :			
Créances exigibles....	84433,95		
Créances à terme.....	106903,60	191337,55	
Installations en location..........		2483,74	
Marchandises en magasin.........		36071,63	245611,82

§ V. — *Profits et Pertes.*

Solde débiteur..............................	17126,68
Total......	4759714,72

Passif.

Capital social : Actions........................		3000000 »
Obligations 4 1/2 %..............................		1000000 »
Créditeurs divers :		
Entrepreneurs.....................	95748,26	
Banques...........................	451085,51	
Fournisseurs et divers.............	31799,85	
Effets à payer.....................	179000 »	
Coupons restant à payer...........	2081,10	759714,72
Total.....		4759714,72

EXERCICE 1905.

Débit.

Frais généraux de l'exercice 1905..............	36997,85
Frais d'exploitation et d'entretien du réseau...	116739,58
Intérêts d'obligations et de comptes courants..	69972,90
Frais judiciaires..............................	8666,40
Bénéfices de l'exercice........................	15051,38
	247427,11

Crédit.

Recettes de l'exploitation : vente de courant et bénéfices sur installations, agios et escomptes.	247427,11
	247427,11

COMPTES DE PROFITS ET PERTES.

Débit.

Solde débiteur, exercice 1904..................	32178,06
	32178,06

Crédit.

Bénéfices de l'exercice 1905..................	15051,38
Solde débiteur.......	17126,68
	32178,06

INFORMATIONS DIVERSES.

Électrochimie. — HYPOCHLORITE ÉLECTROLYTIQUE POUR LA DÉSINFECTION. — D'après *Electrical Review*, de Londres, du 23 novembre, une installation a été faite récemment à Poplar, en Angleterre, pour la fabrication économique d'une solution d'hypochlorite destinée à remplacer les désinfectants ordinairement employés ou distribués aux particuliers par le Service municipal.

Cette installation comprend 40 cellules électrolytiques disposées en série; ces cellules, en ardoise, forment 4 cuves placées en étages et comprenant chacune 10 cellules placées en deux rangées de 5.

Chaque cellule comporte une anode en platine formée d'un fil enroulé sur une plaque d'ardoise et deux cathodes en zinc placées à 7^{cm} de part et d'autre de l'anode.

L'électrolyte, de densité 1,1, est une solution d'un mélange de 20 parties de chlorure de magnésium pour 100 parties de chlorure de sodium. Cette solution circule de haut en bas d'une cuve à l'autre et, dans chaque cuve, d'une cellule à l'autre, de gauche à droite, puis de droite à gauche. Le chlorure de sodium n'a paraît-il d'autre but que de rendre la solution conductrice, le chlorure de magnésium seul étant électrolysé.

L'installation permet d'obtenir 832^{l} de liquide désinfectant à 4^{g} de chlore actif par litre, par journée de marche de 8 heures. Une quantité d'environ 560^{l} est utilisée pour l'arrosage des rues à raison de 23^{l} par tonneau d'arrosage de 1650^{l}; le reste est distribué aux particuliers.

Pour conserver la solution on y ajoute, aussitôt produite, une petite quantité de soude caustique. Dans ces conditions, la conservation en récipients bouchés et à l'abri de la lumière est parfaite comme l'indique le Tableau suivant donnant la teneur initiale et la teneur finale au bout d'un certain nombre de jours, en grammes de chlore par litre.

Des essais faits il résulte que l'on obtient environ 105^{g} de chlore actif par kilowatt-heure et que la dépense journalière en énergie électrique et matières premières est de 7^{fr},05 pour les 832^{l}.

Durée.	Teneur initiale.	Teneur finale.
jours	g	g
70	5,843	5,129
81	3,785	3,785
40	4,297	4,297
50	4,184	4,184
58	4,416	4,416

Société internationale des Électriciens. SÉANCE DU 9 JANVIER. — La prochaine réunion mensuelle aura lieu le mercredi 9 janvier 1907, à $8^{h}30^{m}$ précises du soir, dans la grande salle de la Société d'Encouragement. L'ordre du jour comprend : 1° les signes conventionnels pour les schémas d'installations électriques, par M. Brunswick; 2° le développement de la traction électrique, par M. de Valbreuse (projections).

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES (1).

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.

Décharges et Oscillations.

Rayons cathodiques, rayons Röntgen, etc.

Magnétisme.

Électricité et Magnétisme terrestres.

Divers.

APPLICATIONS.

Génération et Transformation.

(1) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.





Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.

Traction.



Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.



Mesures et Essais.

Divers.

DIVERS.

Sociétés techniques.

Sociétés industrielles.

Congrès, Concours, etc.



Documents officiels.

Bibliographie.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS [1].

[1] Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.



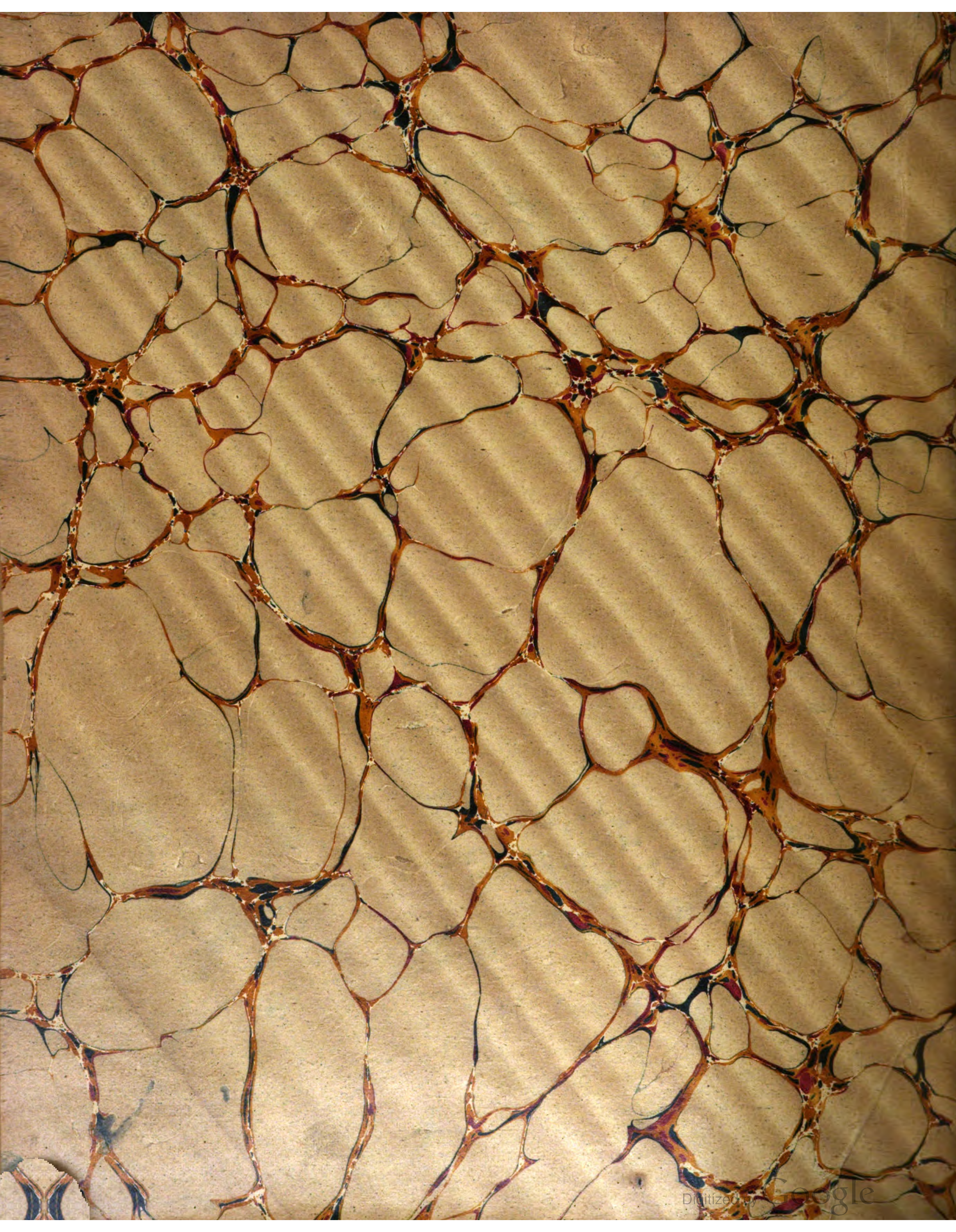






FIN DU TOME VI.

38754 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.




UNIV. OF MICH.
FEB 26 1909
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07493 8716
Digitized by Google

